

Aus der Abteilung für zahnärztliche Werkstoffkunde
und Technologie

(Vorsteher: Prof. Dr. H. Marx)

der Klinik und Poliklinik

für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

**Experimentelle Untersuchungen über ein
Gipshärtemittel**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktors
der Zahnheilkunde der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

Friedrich Wolf

aus Landsberg

Mainz 1973



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554426_0056

Aus der Abteilung für zahnärztliche Werkstoffkunde
und Technologie (Vorsteher: Prof. Dr. H. Marx) der
Klinik und Poliklinik für Zahn- Mund- und Kiefer-
krankheiten der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ÜBER EIN GIPSHÄRTEMITTEL

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheil-
kunde der Hohen Medizinischen Fakultät der Johannes
Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von
Friedrich Wolf
aus Landsberg
Mainz 1973

Referent : Prof. Dr. H. Marx

Korreferent : Prof. Dr. K. Fuhr

Fachbereichsdekan : Prof. Dr. Dr. W. Ketterl

Tag der mündlichen Prüfung : 20. Juni 1973



Inhaltsverzeichnis

Einleitung	Seite 4
Über Gips	4
Untersuchungsmethoden	7
Versuchsmaterialien	8
Versuchsbedingungen	12
Beschreibung der Methodik zur Herstellung der Prüfkörper	13
Untersuchungen: Kugeldruckhärte	15
Druckfestigkeit	15
Abbindezeit	17
Abbindeexpansion	18
Tabellen	20
Statistische Auswertung der Versuchsergebnisse	65
Zusammenfassung	67
Literaturangabe	69
Lebenslauf	72

Einleitung

Die Verwendung von Gips und gipshaltigen Kompositionen in der Zahnheilkunde als Material für Kiefermodelle und isolierte Zahn- bzw. Stumpfmodelle sowie für Gipsformen setzen den Gips erheblichen arrosieven Prozessen aus, die hohe Anforderungen insbesondere an seine Festigkeit stellen.

Seit seiner Einführung in die Zahnheilkunde besteht daher das Bemühen, seine Festigkeit und vor allem seine Härte zu steigern. So kamen immer härtere Dentalgipse auf den Markt. Daneben wurde immer wieder der Versuch unternommen, die Härte eines Gipsfabrikates durch spezielle Zusätze zu steigern.

Ein derartiger Zusatz in wässriger Lösung wurde vor kurzem von der Firma WHIP-MIX (USA) auf den Markt gebracht und von der Firma FRANKONIA DENTAL in Europa vertrieben. Eine experimentelle Untersuchung dieser Flüssigkeit, die an Stelle von Wasser zum Anrühren verwendet wird, in ihrer Wirkung auf 8 verschiedene Gipse, war das Anliegen dieser Arbeit.

Über Gips

Zum Verständnis der Versuchsergebnisse ist es notwendig, einen Abriss über Gips und seine Verarbeitung vorzuschicken.

Gips, $\text{Ca SO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ (= Dihydrat), und Anhydrit, Ca SO_4 , gehören zu den verbreitetsten Materialien. Durch Entwässern geht Dihydrat in sein Halbhhydrat, $\text{Ca SO}_4 \times 1/2 \text{H}_2\text{O}$, oder Anhydrit über, die mit Wasser angerührt unter Erhärtung abbinden. Auf diesem Vorgang beruht die Verwendung des Gipses als Bau- und Formenmaterial. Wichtig für die Herstellung von Dentalgipsen wurden das α -Halbhhydrat, das α -Anhydrit III, das β -Halbhhydrat und das β -Anhydrit III, wobei die physikalischen Eigenschaften im Unterschied der α - und β -Formen liegen.

α -Halbhhydrat (Anhydrit III) wurde erstmalig von LEWINSKI 1899 im Autoklaven, das heißt in gespanntem Wasserdampf, hergestellt,

60 Jahre nach der Entdeckung der α -Struktur (19). α -Halbhydrat (α -Anhydrit) ist kristallin. Die Kristalle sind nadelförmig bis gedrunken, kurzprismatisch. Stücke aus α -Halbhydrat sehen seidig glänzend aus, die Kristallstruktur ist deutlich zu erkennen.

Anders ist es beim β -Halbhydrat bzw. beim β -Anhydrit III. Es wird hergestellt in offenen Kochern, das heißt bei atmosphärischem Druck und bei Trockenheit. Die β -Form ist kryptokristallin (Größe der Teilchen kleiner als 10^{-4} cm), voluminös, flockig und mikroskopisch deutlich von der α -Form zu unterscheiden. Gipsstücke aus β -Halbhydrat sehen erdig-kreidig aus. Die β -Form hat gegenüber der α -Form die größere Oberfläche, die kleinere Dichte, die größere Löslichkeit, die größere spezifische Wärme und die größere Hydratisierungswärme. Wegen des größeren spezifischen Gewichts, des kleineren Sedimentationsvolumens und des geringeren Wasserbedarfs der α -Formen werden größere Festigkeiten erzielt. Die β -Formen haben dagegen eine höhere Plastizität; im Dentalgebrauch sind sie als Weißgipse oder als Alabastergipse bekannt, während die α -Formen entsprechend ihrer Eigenschaften die Hartgipse stellen.

Die physikalisch-chemischen Vorgänge beim Abbinden sind heute noch nicht endgültig geklärt. Im wesentlichen spielen sie sich etwa so ab: Es wird soviel Pulver dem Wasser zugegeben, daß gerade ein gußfähiger Brei entsteht. Halbhydrat oder Anhydrit lösen sich im Anmachwasser unter Volumenverminderung. Die Löslichkeit ist ein mehrfaches des Dihydrates, so daß bei dessen Bildung die Lösung stark übersättigt ist und der Gips auskristallisiert (3). Durch Verwachsen und mechanisches Verfilzen der Kristalle entsteht ein Kristallgefüge unter Volumenvergrößerung; ein vor dem Auskristallisieren bestehender Gelzustand wird angenommen (Kolloidtheorie), ein experimenteller Beweis für die Existenz des Gipsgels wurde bisher noch nicht erbracht (3).

Zur Festigkeitssteigerung gibt es viele Voraussetzungen. So sind nach BECHERER u. SALMANG (3, 15) nötig: Geringe Korngröße, Plättchenform und Spaltbarkeit der Kristalle, geringe Härte,

um eine starke Durchmischung und eine große Viskosität zwischen den Teilchen herzustellen und mehr Wasser oberflächlich zu binden. Je feinkörniger der Gips wird und je mehr Wasser oberflächlich gebunden wird, um so enger werden die Kapillaren zwischen dem Kristallgitter und um so größer die Kapillarkräfte, und um so enger ist die Verfilzung der Kristalle (14, 23). Je weniger Wasser vorhanden ist, desto feiner sind die sich bildenden Kapillaren.

Zur Herstellung von Hartgipsen werden Abbindeverzögerer in höherer Verdünnung als Kristallisatoren genommen. Verwendet werden aliphatische Dicarbonsäuren, deren Carboxylgruppen durch 2 C-Atome voneinander getrennt sind und bei Doppelbindung in cis-Stellung stehen (z. B. Apfelsäure), ferner wasserlösliche Alkalisalze von Fettsäuren mit mindestens 15 C-Atomen, sowie Keratin, Pepton und viele andere Stoffe. In Anwesenheit dieser Stoffe kristallisiert α -Halbhydrat in Form gedrungener Kriställchen aus (19).

Zur Herstellung von Hartgipsen aus Anhydrit III und II muß der Gips feinste Körnung aufweisen (Körnung kleiner als 0,005 mm) und einen Anreger enthalten. Diese Anregerwirkung besteht einerseits darin, die Lösungsgeschwindigkeit des Anhydrits zu erhöhen und andererseits das Anrührwasser lange festzuhalten, um eine Verdunstung vor der vollständigen Hydratisierung zu vermeiden. Als Anreger kommen schwach saure Sulfate, Doppelsalze, Alaune, verschiedene Säuren und Basen in Frage.

Eine weitere Härtesteigerung kann durch vermehrte Keimbildung und stärkeres Kristallwachstum erreicht werden. Hier wirken fein gemahlene Dihydrat, Mineralsäuren, anorganische Säuren und Wasserglas (14, 19). Jedoch tritt bei Zusätzen dieser Art oft eine starke Verkürzung der Abbindezeit ein, insbesondere bei starker α -Halbhydrat Konzentrationen; bei den langsamer abbindenden "totgebrannten" Gipsen, wie dem Anhydrit II, sind solche Zusätze von großer Wichtigkeit. Ähnliche Effekte können bei Zusätzen von Aluminiumace-

tat, Alaun, Zucker, Leim und Zement erzieht werden (9). Dabei wird angenommen, daß diese Abbindebeschleuniger bei ihrer Adsorption oder Reaktion mit dem Gips die für das Wasser wirksame Oberfläche vergrößern, mehr Wasser binden und damit die Kapillarkräfte erhöhen (14). Auch wird von einer bestimmten, für jedes Salz charakteristischen Konzentration an die Aufspaltung in kleinere Aggregate erfolgen (22).

Die Konzentration der Salze ist auch ausschlaggebend für die Löslichkeit des Gipses. Sie haben auch stark hygroskopische Eigenschaften und können das Kristallwasser so stark binden, daß die minimale Löslichkeit des Dihydrates noch unterschritten wird (2).

Untersuchungsmethode

Bei dem zu untersuchenden Gipshärter handelt es sich nach Angaben der Firma FRANKONIA DENTAL um eine 20 % Wasserglaslösung. Wasserglas erhöht, wie oben beschrieben, die Härte des Gipses; gleichzeitig jedoch ist es ein starker Abbindebeschleuniger und es muß angenommen werden, daß sich noch Abbindeverzögerer und Lösungsvermittler in der Lösung befinden, um die Verarbeitungszeit nicht zu beeinträchtigen.

Die Härte und Druckfestigkeit kann nur in Anlehnung an die Industrienormen gemessen werden, da bei der Fabrikation der Dentalgipse nicht bekannt ist, ob die bei den einzelnen Firmen verwendeten Ausgangsprodukte den Industrienormen entsprechen. Obwohl eine allgemeine technische Definition der Härte fehlt (DIN 53456 / 1168 Blatt 1 u. 2, 8), spielt die Härte bei der Beurteilung der Werkstoffe eine wesentliche Rolle. Man spricht von Brinell-, Vickers-, Kugeldruckhärte usw., wobei jeder Ausdruck eine durch das Prüfverfahren definierte Kenngröße des Werkstoffes bedeutet. Obwohl allen der Name "Härte" eigen ist, wird bei den verschiedenen Verfahren mit verschiedenen Maßstäben gemessen, d. h. die verschiedenen Meßverfahren für die Härte

sagen zahlenmäßig und physikalisch nicht dasselbe aus.

Es ist sinnvoll, sich an die Spezifikation der AMERICAN DENTAL ASSOCIATION (1) zu halten, da hier fast vollständige Normen für zahnärztliche Werkstoffe vorliegen. Da in diesen Spezifikationen aber über Gips spezielle Prüfungsvorschriften fehlen, empfiehlt es sich, die SPECIFICATION NO.2 FOR CASTING INVESTMENT FOR DENTAL GOLD ALLOY (1) anzuwenden, die die gipshaltigen Einbettmassen behandeln. Die Druckfestigkeit wird im Absatz 4.3.5. behandelt, und es werden Maße für Probekörper angegeben. REHBERG und BECHERER (14) geben für die Probekörper 2x3x6 cm an, GERLACH (10), SCHUBERT (17), SCHALON und EMERICH (16), WEIKART (21), ILG (11), LENZ (12), geben keine Maße und Prüfbedingungen an, SCHWINDLING und GENIESER (18) geben 5x5x3 cm an. Aus den hier vorliegenden Arbeiten wird deutlich, daß man zu einer einheitlichen Regelung kommen muß.

Versuchsmaterialien

Da nähere Angaben über die Zusammensetzung und Eigenschaften der untersuchten Gipse ALABASTER MODELLGIPS REKORD, NPU (NON PLUS ULTRA), MOLDABASTER, MOLDANO, RAPIDUR, BEGODUR, DUROC und VELMIXSTONE nicht von den Herstellerfirmen zu bekommen sind, erfolgt eine kurze Beschreibung in Anlehnung an die Firmenprospekte.

1. ALABASTER MODELLGIPS REKORD (Albaum)

"20 % Hartgipszusatz.

Mahlfeinheit: Rückstand auf Prüfgewebe 4900 Maschen je cm^2 0,09%

Mischungsverhältnis: 100g Gips : 55 - 60 ml Wasser.

Abbindug: Gießzeit 3 Min.

Streichzeit 4 - 6 Min.

Abbindezeit 10 - 12 Min.

Trockenwertfestigkeit: Druckfestigkeit 195 Kg / cm^2

Biegefestigkeit 76 Kg / cm^2

2. NPU (NON PLUS ULTRA) (Ernst Hinrichs)

"Der Alabastergips "NON PLUS ULTRA" ist aus dem reinen Alabaster des Harzes gewonnen und ergibt vollkommen volumenbeständige, harte Modelle. Ein Modellmaterial, wie es sich jeder Praktiker wünscht.

Das Hinrichspräparat NON PLUS ULTRA ist ein raumbeständiger Edelalabaster, der sich auch für die Kautschuk- und Kunstharz-technik besonders eignet; neben seiner schneeweißen Farbe zeichnet er sich durch seine außergewöhnliche Härte aus. Die Bruchfestigkeit dieses Edelgipses ist sehr groß. Die Abbindezeit beträgt 15 - 18 Min."

3. MOLDABASTER (Bayer)

"MOLDABASTER ist ein Spezialalabastergips mit interessanten neuen Eigenschaften: Auf MOLDANO abgestimmte Abbindezeit, kontrollierte Abbindeexpansion wie MOLDANO, schnelles Anmischen, da unmittelbare Wasserbenetzung, cremeartiger, glatter Gipsbrei, hervorragendes Fliessvermögen bei hoher Blasenfreiheit, stufenlose Änderung des Härtegrades, da in jedem Verhältnis mit MOLDANO mischbar - ohne Abbindezeit-beeinflussung. MOLDABASTER, qualitativ überzeugend, da eine Vorstufe des MOLDANO. Kein normaler Alabastergips, jedoch ebenso preisgünstig!

Mischungsverhältnis: 100g Gips : 55 ml Wasser

Abbindezeit: 18 Min.

Druckfestigkeit: 3 Kg / mm² nach 1 Std."

4. MOLDANO (Bayer)

"Blauer Hartgips. Seit vielen Jahren durch seine gleichbleibende Qualität einer der bekanntesten Spezialgipse für die zahnärztliche Technik. Praktisch volumenbeständig, deshalb ein Höchstmaß an Modelltreue. Glatte, homogene Oberfläche durch sehr feines Korn. Besonders schab- und kratzfest, keine Beschädigung des Modells.

Anrührkonsistenz: 100 : 30

Beim Einrütteln cremeartiges Ausfließen in jede Feinheit des Abdruckes. Völlig indifferent gegenüber modernen Abdruckmassen,

keine Veränderung der Modelloberfläche.

Druckfestigkeit 8,5 Kg / mm² nach 1 Std."

5. RAPIDUR (Dentaurum)

"Es handelt sich in diesem Falle um eine verbesserte Hartgipsqualität, die sich durch folgende Vorzüge auszeichnet:

1. verbesserte Kantenhärte
2. Formstabilität
3. schnelles Abbinden
4. strahlendstes Weiß
5. preisgünstig

RAPIDUR zeichnet sich durch eine innerhalb kürzester Abbindezeit maximal erreichbare Härte aus. Nach 30 Minuten weist RAPIDUR bereits eine überlegene Härte von ca. 4,5 Kp / mm² auf, die bei völliger Austrocknung bis auf 11 Kp / mm² steigt.

Diese einmaligen Vorzüge - größere Härte in kürzerer Zeit - prägen RAPIDUR zum idealen Hartgips für Meistermodelle, Schau- modelle und orthodontische Arbeitsmodelle. Dank einer geringen Abbindeexpansion von nur 0,05 bis 0,08 % ist RAPIDUR insbesondere auch für Kronen und Inlaystümpfe geeignet und bringt auch auf diesem Arbeitsgebiet eine willkommene Vereinfachung und Rationalisierung. Die rein weiße Farbe schließt Differenzen in Geschmacksfragen aus und ist technisch gesehen z. B. bei Kunststoffarbeiten (Mantelkronen) von absolutem Vorteil.

Arbeitsbedingungen:

RAPIDUR ist an ein enges Mischungsverhältnis gebunden. Zu 100g Pulver können 20 - 25 ml Wasser gegeben werden. Es gilt für RAPIDUR die allgemein gültige Regel: Je steifer angerührt, desto größer die Aushärtung. Als Mittelwert seien 100g Pulver : 25 ml empfohlen. Nach dem Einstreuen der abgewogenen Pulvermenge in das abgemessene Wasserquantum wird ca. 1/2 bis 1 Minute kräftig durchgespatelt. Auf dem Vibrator fließt RAPIDUR auch dick angerührt zuverlässig aus."

6. BEGODUR (Bremer Goldschlägerei W. Herbst)

"Spezialgips für Meistermodelle. Hervorragend geeignet für die Anfertigung kantenfester Modelle.

Verarbeitung:

Die Härte des Gipsmodells wird durch das Anmischverhältnis bestimmt. Für ein Kiefermodell empfiehlt sich 100g BEGODUR mit 25 ml Wasser zu mischen (Mischungsverhältnis 1 : 4). Die etwas dicker als gewöhnlich angerührte Mischung läßt sich auf dem Vibrator leicht durchspateln. Für kleinere Modelle kann der Gipsanteil auf 4,5 Anteile erhöht werden. Die Abbindezeit kann durch längeres oder kürzeres Anrühren selbst reguliert werden."

7.DUROC (Ransom & Randolph Co.)

"Mischungsverhältnis Wasser : Pulver = 24 ml : 100 g.,

Erste Erhärtungsperiode = 8 - 10 Minuten.

Expansion 0,05 % lin.

In Fällen, wo auf allergrößte Genauigkeit und Härte Wert gelegt wird, ist DUROC der ideale Hartgips. Seine Expansion nach dem Erhärten ist nur halb so groß, wie die anderer Hartgipse, und seine Kompressionsfestigkeit ist 50 % größer. Die Oberfläche ist äußerst glatt und trotzdem widerstandsfähig gegen Abrasion und Abblättern. Wegen dieser Vorteile ist DUROC das vollkommene Material für Arbeitsmodelle, zur Vorbereitung von Modellgüssen, von Brückenarbeiten, für partielle Prothesen und für Zahnmodelle."

8.VELMIXSTONE (Kerr)

"Physikalische Eigenschaften:

Abbindeexpansion: 0,04 - 0,08 % (nach 2-Std.)

Abbindezeit (Vicat): 8 - 10 Minuten

Brinellhärte: 41 Kp. / mm²

Kerr VELMIXSTONE wird wie jeder herkömmliche Hartgips mit Wasser gemischt. Das Mischungsverhältnis Pulver : Wasser von 4 : 1, d. h. 100g Pulver auf 22 - 25 ml Wasser wird empfohlen. Bei leichter Vibration hat VELMIXSTONE eine gute Fließfähigkeit.

Auf-grund seiner außerordentlichen Abdrucktreue und Härte ist VELMIXSTONE für alle Präzisionsarbeiten geeignet: Für die Herstellung von Meistermodellen, in der Inlay-, Kronen- und Brückentechnik, für Studienmodelle und allgemeine Laborarbeiten."

9. GIPSHÄRTER (Whip-Mix)

"Unser Gipshärter wird im allgemeinen anstelle von Wasser angewendet. Die Abbindegeschwindigkeit wird dadurch nicht wesentlich erhöht. Ein Mischungsverhältnis von 50 : 50 (1 Teil Gipshärter : 1 Teil Wasser) gibt Ihnen einen größeren Spielraum in der Verarbeitung.

Der Gips wird ungefähr 20 % härter, d. h. die unerwünschte Glashärte (Bruchgefahr) wird durch Anwendung unseres Gipshärters nicht erhöht. Die Oberflächenhärte steigert sich jedoch im Endzustand um 20 %.

Die Kratzfestigkeit wird erhöht, um wieviel %, das können wir Ihnen nicht genau sagen.

Sicher haben Sie Verständnis, wenn der Lieferant unseres Gipshärters selbst uns als Alleinrepräsentant für weite Teile Europas keine genauen Angaben macht. Wasserglas ist bestimmt zu einem nicht unerheblichen Teil in dieser Lösung."

Versuchsbedingungen

1. Temperatur und Luftfeuchtigkeit:

Die Luftfeuchtigkeit betrug bei allen Versuchen 50 - 60 %, die Temperatur lag zwischen 18 und 22 Grad C.

2. Art der Anmischung:

Das Gips - Wasserverhältnis entsprach den Vorschriften der Hersteller. Angerührt wurde nach DIN 1168 (8) mit destilliertem Wasser. Das Anspateln von Hand dauerte 20 Sekunden, anschließend erfolgte automatisches Anrühren 30 Sekunden lang im Multivac 2, einem Vacuumgerät der Firma Degussa.

3. Apparaturen:

Für die Druckfestigkeit: Hydraulische Presse der Firma Mohr und Federhaff, Mannheim.

Für die Kugeldruckhärte: Kugeldruckhärter der Firma Zwick & Co, Einsingen.

Für die Abbindezeit: Das Nadelgerät nach Vicat.

Für die Abbindeexpansion: Das Quellungsmessgerät für Gips der Firma Curt Weißgerber, Frankfurt / Main.

4. Zeit:

Bei der Kugeldruckhärte und der Druckfestigkeit erfolgten die Messungen je 1 Std. und 24 Std. nach dem Anrühren. Bei der Abbindeexpansion wurde nach vollständigem Erkalten abgelesen.

5. Maße der Prüfkörper:

Für die Bestimmung der Kugeldruckhärte: $d = 50 \text{ mm}$, $h = 30 \text{ mm}$

Für die Bestimmung der Druckfestigkeit: $d = 33 \text{ mm}$, $h = 50,8 \text{ mm}$

Für die Abbindeexpansion: In breiigem Zustand 333,3 mm Länge.

Für die Bestimmung der Abbindezeit: $d = 25 \text{ mm}$, $h = 25 \text{ mm}$

6. Anzahl der Prüfkörper:

Für die Druckfestigkeit: 10 Prüfkörper pro Gips und Zeit.

Für die Kugeldruckhärte: 5 Prüfkörper pro Gips, wobei jeweils 10 Kugeleindrücke auf jeder der beiden Kreisoberflächen gemessen wurden.

7. Lagerung der Prüfkörper für Druckfestigkeit und Kugeldruckhärte:

Die Prüfkörper werden bei $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ und 50 - 60 % relativer Luftfeuchtigkeit gelagert.

Beschreibung der Methodik zur Herstellung der Prüfkörper

Die Prüfkörper werden nach den Vorschlägen der "AMERICAN DENTAL ASSOCIATION" (1) "SPECIFICATION NUMBER 12 FOR CASTING INVESTMENT FOR DENTAL GOLD ALLOY" hergestellt.

Die Vorschläge lauten:

1. Das Pulver soll dem Wasser in einem geeigneten Mischgefäß zugeführt und mit der Hand sofort für 20 Sekunden gerührt werden.

Die Zeit der ersten Berührung des Pulvers mit dem Wasser soll als Beginn des Mischens betrachtet werden.

2. Nach dem Rühren mit der Hand soll die Mischung mechanisch gerührt werden mit 100 Umdrehungen eines feststehenden Flügelblattes, etwa 15 Sekunden lang.

Abweichend von der "AMERICAN DENTAL ASSOCIATION" wurde nicht mechanisch mit der Hand angerührt, da es unmöglich ist, für jede Probe denselben Gipsbrei herzustellen. Wir benützten den "MULTIVAC 2", ein Anrührgerät der Firma Degussa, das überdies noch den Vorteil aufweist, daß unter Vakuum gerührt wird. Das Vakuum unterbindet die Entstehung von Luftblasen im Gipsbrei, die besonders bei der Druckfestigkeitsprüfung erhebliche Unterschiede in der Festigkeit hervorrufen würden. Außerdem wurde nicht 15, sondern 30 Sekunden gerührt. Nach DIN 1168 (8) wurde nur destilliertes Wasser verwendet.

Herstellung der Prüfkörper:

Die einzelnen Gipssorten werden nach Angaben der Hersteller in Beziehung auf das angegebene Mischungsverhältnis angerührt. Das destillierte Wasser wird in einem Messzylinder abgemessen und in ein Hartgummigefäß der Firma Degussa eingebracht. Der Gips wird mit einer Briefwaage abgewogen und langsam in das Wasser eingestreut. Das Gemisch wird nun mit der Hand 20 Sekunden durchgespatelt, um ein Ansaugen von trockenem Gipspulver ins Vakuumgerät zu verhindern. Danach wird 30 Sekunden lang im MULTIVAC 2 gerührt. Der fertige Brei wird dann entweder in die Rinne des Quellungsmeßgerätes oder in die Formen zur Herstellung der einzelnen Prüfkörper eingebracht. Diese Formen sind leicht vaseliniert und stehen auf Glasplatten. Zum besseren Fließen wird auf dem Rüttler gefüllt; der überstehende Gipsbrei wird mit einer weiteren Glasplatte bündig gestrichen.

Untersuchungen

1. Kugeldruckhärte

Die Versuche zur Bestimmung der Kugeldruckhärte wurden mit dem Kugeldruckhärteprüfer Firma Zwick & Co, Nr. Z 426 (4) durchgeführt. Die Prüfung der Gipse erfolgte nach der DIN-Vorschrift 1168 (8). Die bei vielen Materialien auftretende Rückverformung tritt beim Gips in kaum nennenswertem Maße auf und kann deshalb vernachlässigt werden. Deshalb wurde nach der Belastung von 50 Kg Hauptlast wieder entlastet und unter der Vorlast von 1 Kg gemessen. Die Hauptlast von 50 Kg ist durch DIN 1168 (8) vorgeschrieben. Als Eindringkörper wurde eine Kugel von 10 mm Durchmesser verwendet.

Die Härtezahl errechnet sich nach der Formel:

$$H = \frac{P}{\pi \times D \times h}$$

P = Hauptlast 50 Kg, D = Kugeldurchmesser 10 mm, h = Eindringtiefe.

Durchführung der Versuche:

Alle Prüfbedingungen beziehen sich auf die Vorlast von 1 Kg, die Hauptlast von 50 Kg, und die Ablesung der Eindringtiefe in 0,01 mm nach Entlastung nach einer Zeit von 10 Sekunden.

Die Form, ein gedrehter Messingring von der Wandstärke 2mm, der Höhe 30 mm und dem Durchmesser 50 mm, wird mit dem Gipsbrei gefüllt und bündig gestrichen. Nach Ablauf von 1 Stunde werden auf jeder Seite des Prüfkörpers 5 Messungen durchgeführt, nach 24 Stunden wird dieser Vorgang wiederholt.

2. Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeitsprüfungen wurden mit einer ölhydraulischen

Baustoffprüfpresse der Firma Mohr und Federhaff AG, Mannheim, durchgeführt. Die Presse ist im Besitz der Amtlichen Baustoffprüfstelle der Staatlichen Ingenieurschule für Bau- und Vermessungswesen in Mainz und wurde für die Versuche freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

Die Presse besteht aus 2 Teilen, a, dem Steuerstand, b, der Presse

zu a: Der Steuerstand besteht aus einem Gehäuse, in dem sich die hydraulische Pumpe verbirgt. In der in Augenhöhe angebrachten Messuhr befindet sich ein Belastungsgeschwindigkeitsanzeiger und ein Schleppzeiger, der das Ablesen des Druckwertes in Kg nach dem Bruch des Prüfkörpers ermöglicht. Rechts an dem Prüfstand befindet sich ein Schaulinienanzeiger, ein Ventil, das den Druck auf die Presse freigibt und der Belastungsgeschwindigkeitsgeber, der von Hand bedient wird. Die Belastungsgeschwindigkeit wird so gewählt, daß der Bruch des Prüfkörpers nach 60 - 90 Sekunden erfolgt.

zu b: Die Presse besteht aus einem Gehäuse, zwei Druckplatten, von denen eine in einem Kugelgelenk beweglich aufgehängt ist und dem Presszylinder, mit dessen Hilfe die zweite Druckplatte auf und ab bewegt werden kann.

Durchführung der Versuche:

Die Vorschläge der "AMERICAN DENTAL ASSOCIATION, SPECIFICATION NR. 2 FOR CASTING INVESTMENT FOR DENTAL GOLD ALLOY" dienen im Absatz 4.3.5. - Compressive strength - zur Herstellung der Prüfkörper zur Bestimmung der Druckfestigkeit (1). Diese soll mit 5 zylindrischen Prüfkörpern vom Durchmesser zwischen 25,4 und 33,0 mm und der Höhe von 50,8 mm bestimmt werden. Das die Mischung enthaltende Mischgefäß soll beim Ausgießen über der zylindrischen Form hin und her bewegt werden. Die Form soll auf einer Glasplatte stehen und ebenfalls während des Ausgießens leicht gerüttelt werden. Es sollen geteilte Formen verwendet werden, um das Entfernen der Prüfkörper aus ihnen zu ermöglichen. Um Lufteinschlüsse zu entfernen, soll der Prüfkörper leicht gerüttelt werden. Eine zweite Glasplatte soll auf das obere Ende der überfüllten Form gelegt und mit der Oberfläche der Form abgepresst werden. Während des Ausgießens und Abbindens des Gipses werden die Formenhälften durch Schlauchschellen zusammen-

gehalten. Die Formen werden folgendermaßen hergestellt: Ein Messingrohr wird auf der Werkbank mittig geteilt und die beiden Hälften auf einen Durchmesser von 30 mm ausgedreht. Danach werden sie auf eine Höhe von 50,8 mm gebracht. Die auf diese Art entstandenen Prüfkörper werden dann nach 1 bzw. 24 Stunden der Druckfestigkeitsprüfung unterzogen.

3. Abbindezeit

Die Versuche zur Ermittlung der Abbindezeit wurden mit Hilfe des Nadelgerätes nach Vicat (5) durchgeführt, das nach DIN 1164, §10 arbeitet. Zur Bestimmung der Erstarrungszeit wird der wie oben beschrieben angerührte Gipsbrei in einen zylindrischen, auf einer Glasplatte stehenden Hartgummiring mit dem Durchmesser und der Höhe von 25 mm eingebracht. Die Abmessungen sind in der "AMERICAN DENTAL ASSOCIATION SPECIFICATION NR. 2 FOR CASTING INVESTMENT FOR DENTAL GOLD ALLOY" im Abschnitt "TIME OF SETTING" Absatz 4.3.4. angegeben.

Durchführung der Versuche:

Vor dem Einbringen der Glasplatte mit dem gefüllten Hartgummiring wird das Gerät richtig eingestellt. Die Nadel mit dem Durchmesser von 1,33 mm wird in das Gerät eingesetzt und auf die später im Versuch zu verwendende Glasplatte gesenkt. Mittels der beiden Kordelschrauben wird die Scala des Nadelgerätes auf den unteren Nullpunkt eingestellt, sobald die Nadel auf der Glasplatte steht. Es können dann bei dem Versuch auf der linken Seite der Scala die Größe der Entfernung zwischen Glasplatte und Nadelunterkannte abgelesen werden. Auf der rechten Seite der Scala kann abgelesen werden, wie tief, von der Oberseite des Hartgummirings gerechnet, die Nadel eingedrungen ist. Das Gewicht der Nadel zusammen mit der Führungsstange beträgt stets 300 g.

Zur Feststellung des Beginns der Erstarrung wird nun die stets trocken zu haltende Nadel auf die Oberfläche des sich in dem zylindrischen Hartgummiring befindenden, leicht eingerüttelten und bündig gestrichenen Gipsbrei eingesenkt und losgelassen. Die Nadel sollte möglichst in der Mitte der Probe stehen. Bleibt

die Nadel etwa 3 bis 5 mm über der Glasplatte im Gipsbrei stecken, so ist der Beginn der Erstarrung erreicht. Zur Ermittlung des Endes der Erstarrungszeit wird der zylindrische Hartgummiring mit dem sich darin befindenden Gipsbrei von der Platte abgezogen, der Hartgummiring mit der Gipsmasse herumgedreht und wieder auf die Glasplatte aufgesetzt, so daß die Unterseite der Probe nach oben zeigt. Das Erstarren gilt als beendet, wenn die Nadel noch höchstens 1 mm tief in den Gipsbrei einzudringen vermag. Die Nadel muß vor jedem Eindringen gereinigt und getrocknet werden.

4. Abbindeexpansion

Zur Feststellung der Abbindeexpansion wurde das Quellungsmeßgerät der Firma Curt Weißgerber, Frankfurt / Main, benutzt (6). Dieses Gerät eignet sich dazu, die in einer Form befindliche Masse beim Erhärten auf ihre Ausdehnung zu untersuchen. An einer Meßuhr läßt sich das Ergebnis am Ende des Versuches ablesen.

Das Meßgerät umfaßt:

- a. Eine Gußeiserne Unterplatte, die an der einen Stirnseite die beiden Festpunkte für die den Gipsbrei aufnehmende Form und auf der anderen Seite einen Quersteg trägt. In diesem Quersteg ist in der Mitte eine Meßuhr gelagert; außerdem befinden sich in dem Quersteg zwei Rändelschrauben, die bei der Vorbereitung des Versuchs zum Zusammenhalten der Form dienen.
- b. Die zur Aufnahme des Gipsbreies dienende vierteilige Messingform, die unter Zwischenfügung einer Spiegelglasplatte auf der gußeisernen Unterplatte Aufnahme findet und in die eine Schaumgummiplatte eingelegt wird.

Die Formteile werden leicht mit Öl eingefettet, um eine gute Beweglichkeit der Formteile untereinander während des Quellvorgangs zu gewährleisten. Die lichten Maße der Form sind: 40 x 40 x 333,3 mm. In die Form wird eine Schaumgummiplatte von 333 x 120 mm so eingelegt, daß der Gipsbrei nur die beiden Stirnseiten der Form dicht berührt, im übrigen aber von der durch die Schaumgummiplatte gebildeten Wanne bis zur Höhe der Messing-

form aufgenommen wird; die Schaumgummiplatte ragt also an beiden Längsseiten um etwa 10 mm über Form und Gipsbrei hinaus. Der durch die Schaumgummiplatte gebildete Wannenquerschnitt ist für den Meßvorgang ohne Belang. Wesentlich für die Messung der auftretenden Quellung ist die durch die Innenkante der Messingform gegebene Länge, die mit 333,3 mm bemessen ist. Der Grund für die Wahl dieses Längenmaßes der Form im Lichten ist folgender: Das Quellmaß wird angegeben in mm je Meter. Bei dem vorgenannten lichten Längenmaß ergibt dann die an der Meßuhr abgelesene Längenänderung multipliziert mit dem Faktor 3 das gesuchte Quellmaß in mm je Meter.

Durchführung der Versuche:

Im Vorversuch wird zunächst die Einstreumenge festgestellt und daraus das zur Füllung der Form benötigte Volumen ermittelt. Die Gipsmenge betrug bei den Versuchen je 500 g. Der Gipsbrei wird nach den Angaben der Hersteller im Vakuum hergestellt und in die Form eingerüttelt. Die zwei Rändelschrauben, mit denen die Form zusammengehalten wird, werden in den Quersteg zurückgeschraubt und die Meßuhr auf Null nachgestellt. Nach der Dehnungsbeendigung wird die Zeigerendstellung an der Meßuhr abgelesen. Durch Multiplikation der an der Meßuhr in mm ermittelten Ausdehnung mit dem Faktor 3 wird das Quellmaß des Gipses in mm je Meter ermittelt, was einer prozentualen Abbindeexpan-sion (% lin.) entspricht.

Tabellen

	Tabelle Nr.
Kugeldruckhärte	1 - 32
Druckfestigkeit	33 - 40
Abbindezeit	41 - 56
Abbindeexpansion	57
Varianzanalysen	58 - 73
Mittelwerte der Versuchsergebnisse	74 - 77
Graphische Darstellung der Mittelwerte	78 - 81

Tabellenschlüssel

Gips Nr.

- 1 = ALABASTER MODELLGIPS RECORD
- 2 = NPU
- 3 = MOLDABASTER
- 4 = MOLDANO
- 5 = RAPIDUR
- 6 = BEGODUR
- 7 = DUROC
- 8 = VELMIXSTONE

Tabelle 1

ALABASTER MODELLGIPS REKRD, angerührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 1 Stunde in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	110	115	110	107	117
2	113	112	113	107	108
3	110	116	115	109	107
4	110	114	116	108	110
5	109	112	113	107	111
6	114	112	107	118	112
7	112	107	106	118	115
8	101	110	110	119	107
9	106	112	110	117	109
10	111	107	116	118	111
Mittelwert in 0,01 mm	109,6	111,7	111,6	112,8	110,7
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 1,48 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 2

ALABASTER MODELLGIPS REKORD, anberührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 24 Stunden in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	103	94	96	99	94
2	100	104	100	104	93
3	102	106	102	103	90
4	100	103	102	104	94
5	106	99	96	104	94
6	97	100	102	95	107
7	107	109	102	102	108
8	99	101	101	96	99
9	99	97	98	96	100
10	98	99	103	103	108
Mittelwert in 0,01 mm	101,1	101,2	100,2	100,6	98,7
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 1,645 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 3

ALABASTER MODELLGIPS REKORD, angerührt mit Härter
Kugeldruckhärteprüfung nach 1 Stunde in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	100	104	95	92	94
2	104	100	93	90	98
3	101	100	93	90	92
4	101	96	98	91	100
5	100	100	97	89	101
6	101	102	100	92	92
7	100	105	96	89	89
8	106	97	99	93	92
9	100	102	94	92	92
10	104	97	101	97	90
Mittelwert in 0,01 mm	101,7	100,3	96,6	91,5	94,0
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 1,705 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 4

ALABASTER MODELLGIPS REKORD, angerührt mit Härter
Kugeldruckhärteprüfung nach 24 Stunden in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	92	81	84	88	82
2	79	96	92	93	78
3	78	87	79	90	79
4	83	91	86	94	84
5	89	82	82	84	82
6	82	92	87	86	86
7	90	86	91	89	89
8	79	82	90	84	92
9	91	89	80	91	90
10	82	87	79	94	84
Mittelwert in 0,01 mm	84,5	87,3	85,0	89,3	84,6
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 1,916 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 5

NPU, angerührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 1 Stunde in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	69	69	67	69	70
2	67	69	69	70	74
3	68	71	70	67	69
4	68	67	68	69	72
5	69	69	68	72	71
6	69	71	68	77	68
7	69	73	71	79	69
8	68	70	73	78	71
9	67	74	69	79	68
10	69	72	70	77	70
Mittelwerte in 0,01 mm	68,3	70,5	69,4	73,7	70,2
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 2,342 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 6

NPU, angerührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 24 Stunden in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	62	64	64	62	64
2	64	64	63	62	61
3	62	63	64	63	64
4	68	65	64	61	60
5	60	65	63	63	63
6	64	62	64	61	65
7	66	60	66	62	62
8	65	63	67	63	63
9	63	64	65	62	60
10	64	61	66	60	62
Mittelwert in 0,01 mm	63,8	64,1	64,6	61,9	62,4
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 2,602 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 7

NPU, angerührt mit Härter

Kugeldruckhärteprüfung nach 1 Stunde in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	62	62	60	59	60
2	60	66	62	64	61
3	62	62	58	62	58
4	62	63	58	58	63
5	62	62	58	57	62
6	61	64	60	58	59
7	62	66	61	58	60
8	62	66	59	57	59
9	63	64	58	59	62
10	63	61	58	62	60
Mittelwert in 0,01 mm	61,9	63,6	59,2	59,5	60,4
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 2,71 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 8

NPU, angerührt mit Härter

Kugeldruckhärteprüfung nach 24 Stunden in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	46	41	44	39	41
2	41	40	44	39	39
3	44	41	44	40	40
4	44	40	42	39	40
5	43	39	43	40	41
6	44	39	42	43	43
7	47	42	42	44	43
8	42	42	40	42	44
9	42	41	41	42	42
10	40	39	42	41	42
Mittelwert in 0,01 mm	43,3	40,4	42,4	40,9	41,5
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 3,96 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 9

MOLDABASTER, angerührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 1 Stunde in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	93	100	90	94	94
2	90	102	87	94	92
3	97	100	90	91	92
4	89	102	89	94	96
5	87	99	87	92	94
6	97	93	91	90	90
7	99	92	92	87	89
8	97	92	91	90	90
9	99	92	92	92	90
10	92	90	90	92	92
Mittelwert in 0,01 mm	94,0	96,2	89,9	91,6	91,9
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 1,78 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 10

MOLDABASTER, Angerührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 24 Stunden in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	89	89	79	71	74
2	85	81	76	72	78
3	83	90	79	75	78
4	86	84	76	72	76
5	82	89	76	72	80
6	82	81	81	87	82
7	79	82	80	87	82
8	81	80	79	86	83
9	82	81	79	86	80
10	82	81	80	87	84
Mittelwert in 0,01 mm	82,5	83,8	78,5	80,3	79,7
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 2,1 \text{ Kg} / \text{mm}^2$				

Tabelle 11

MOLDABASTER, angerührt mit Härter

Kugeldruckhärteprüfung nach 1 Stunde in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	77	71	74	76	76
2	79	74	74	80	74
3	79	82	76	78	81
4	80	80	74	74	78
5	76	79	77	78	76
6	74	84	74	77	77
7	81	80	77	80	74
8	77	72	76	74	80
9	72	76	73	81	78
10	76	70	74	75	77
Mittelwert in 0,01 mm	77,1	76,8	74,9	77,3	77,1
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 2,155 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 12

MOLDABASTER, angerührt mit Härter

Kugeldruckhärteprüfung nach 24 Stunden in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	52	46	45	44	49
2	46	52	52	45	51
3	48	54	50	47	53
4	46	48	50	47	47
5	54	44	44	45	49
6	52	53	47	51	50
7	48	49	47	48	48
8	50	44	51	52	51
9	52	47	46	50	50
10	47	48	47	49	46
Mittelwert in 0,01 mm	49,5	48,5	47,9	47,8	49,4
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 3,396 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 13

MOLDANO, angerührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 1 Stunde in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	26,4	22,8	26,2	23,2	22,0
2	25,8	23,4	24,4	22,0	23,0
3	24,2	24,1	26,4	22,2	23,2
4	26,2	23,6	22,0	22,0	22,4
5	26,9	22,9	22,6	22,4	22,6
6	24,8	23,0	23,0	22,6	22,4
7	24,8	24,8	22,2	23,2	22,0
8	25,2	23,1	24,0	22,6	23,0
9	26,2	23,2	24,2	22,6	22,8
10	24,8	24,0	24,9	22,4	22,8
Mittelwert in 0,01 mm	25,43	23,49	23,99	22,52	22,62
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 6,98 \text{ Kp / mm}^2$				

Tabelle 14

MOLDANO, angerührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 24 Stunden in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	18,3	18,6	18,2	17,8	17,8
2	19,2	19,2	18,2	17,8	17,6
3	19,8	18,0	18,8	16,8	18,2
4	19,8	18,4	18,6	17,4	18,2
5	18,8	18,8	18,0	18,2	17,2
6	19,2	17,0	18,0	17,2	17,4
7	19,8	17,2	19,0	17,4	18,2
8	19,2	17,8	19,2	17,2	17,8
9	19,2	18,2	18,2	17,0	18,2
10	18,8	18,2	18,4	16,8	18,4
Mittelwerte in 0,01 mm	19,21	18,14	18,46	17,36	17,90
Mittelwerte der Härtezahlen	$H = 8,87 \text{ Kp / mm}^2$				

Tabelle 15

MOLDANO, angerührt mit Härter

Kugeldruckhärteprüfung nach 1 Stunde in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	15,6	15,4	15,2	15,8	15,2
2	15,6	15,8	15,4	15,0	14,8
3	16,2	15,2	15,0	15,2	14,8
4	16,2	15,2	15,0	14,8	15,4
5	16,0	15,4	14,8	15,2	15,2
6	15,2	15,0	14,6	15,4	15,0
7	15,6	15,0	14,6	15,0	15,2
8	15,6	15,2	14,6	14,8	14,8
9	15,0	15,8	14,8	14,8	14,8
10	14,8	15,0	14,8	15,0	15,2
Mittelwert un 0,01 mm	15,58	15,30	14,88	15,10	15,04
Mittelwerte der Härtezahlen	$H = 10,88 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 16

MOLDANO, angerührt mit Härter

Kugeldruckhärteprüfung nach 24 Stunden in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	10,8	10,2	10,4	10,4	10,8
2	10,2	10,0	11,2	10,0	11,0
3	10,2	10,4	11,4	11,0	10,2
4	10,6	10,0	10,8	10,2	11,2
5	10,4	10,4	11,0	10,4	11,0
6	10,8	11,2	10,4	10,6	10,8
7	10,6	10,8	10,8	10,6	10,8
8	10,8	11,4	10,6	10,2	10,6
9	11,2	11,4	10,6	10,6	10,4
10	11,0	11,2	10,4	10,4	10,6
Mittelwert in 0,01 mm	10,66	10,70	10,72	10,36	10,84
Mittelwerte der Härtezahlen	$H = 15,48 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 17

RAPIDUR, angerührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 1 Stunde in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	16,6	16,4	14,2	15,8	15,2
2	16,2	15,2	15,8	14,6	14,8
3	14,2	16,0	14,6	15,0	15,8
4	15,8	16,2	13,8	15,0	15,2
5	16,3	15,8	15,0	14,6	15,4
6	17,6	15,8	15,3	15,2	15,4
7	18,0	15,0	15,0	15,8	15,2
8	16,2	13,2	15,8	15,2	15,8
9	15,2	13,8	13,6	14,8	14,8
10	15,8	13,6	13,8	14,5	14,8
Mittelwert in 0,01 mm	16,79	15,10	14,69	15,05	15,24
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 10,74 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 18

RAPIDUR, angerührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 24 Stunden

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	12,2	12,8	12,2	11,4	11,6
2	12,8	13,2	12,6	11,6	11,8
3	13,2	12,8	13,2	11,6	12,4
4	12,4	12,8	13,4	12,2	12,2
5	12,8	12,8	12,0	12,0	12,8
6	12,8	13,0	11,6	12,2	12,2
7	13,2	12,2	11,8	12,8	11,8
8	12,2	13,2	12,0	12,8	12,6
9	12,8	12,4	11,8	13,0	11,8
10	13,0	12,6	12,8	12,4	12,4
Mittelwert in 0,01 mm	12,74	12,78	12,34	12,20	12,16
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 13,26 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 19

RAPIDUR, angerührt mit Härter

Kugeldruckhärteprüfung nach 1 Stunde in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	12,2	12,4	11,4	11,6	12,4
2	12,4	12,0	11,4	11,4	12,8
3	11,8	12,4	11,6	11,8	11,8
4	12,2	11,8	11,4	11,4	12,6
5	12,0	11,8	11,6	11,8	12,2
6	12,8	11,6	12,2	12,4	12,8
7	12,4	12,0	11,8	12,8	11,6
8	12,6	11,8	12,0	12,6	12,0
9	11,4	12,2	12,2	12,2	12,2
10	11,6	11,6	11,8	12,4	11,8
Mittelwert in 0,01 mm	12,14	11,96	11,74	12,04	12,22
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 13,71 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 20

RAPIDUR, angerührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 24 Stunden in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	8,4	8,0	10,4	10,0	10,2
2	6,8	9,6	9,2	8,2	10,4
3	8,8	9,2	9,8	8,4	9,8
4	8,4	10,2	10,0	8,4	10,2
5	9,2	9,8	8,8	9,6	9,2
6	10,2	8,8	9,4	9,0	9,8
7	9,8	9,6	8,2	9,8	10,4
8	10,4	10,2	10,4	8,8	10,2
9	9,6	8,6	10,2	10,4	9,8
10	10,0	10,0	9,6	9,8	10,4
Mittelwert in 0,01 mm	9,36	9,40	9,60	9,24	10,04
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 17,32 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 21

BEGODUR, angerührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 1 Stunde in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	9,8	10,2	10,2	9,0	9,2
2	10,2	10,2	10,0	10,2	9,8
3	9,2	10,0	9,8	9,0	9,8
4	10,0	10,8	10,2	9,8	9,2
5	9,6	10,0	9,5	9,0	9,4
6	10,0	9,0	9,2	10,0	9,6
7	10,2	9,2	9,4	9,4	9,6
8	9,6	9,0	10,0	9,8	9,8
9	9,2	9,0	9,6	10,2	9,6
10	9,5	9,0	9,6	10,0	10,0
Mittelwert in 0,01 mm	9,73	9,94	9,75	9,64	9,62
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 16,96 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 22

BEGODUR, angerührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 24 Stunden in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	8,8	7,8	8,2	7,8	7,6
2	8,6	8,0	8,2	7,4	8,4
3	8,8	8,2	8,2	8,2	8,0
4	9,2	8,0	8,0	8,0	8,2
5	8,2	8,2	8,0	7,6	7,8
6	7,6	8,2	7,4	7,6	7,4
7	7,8	8,2	8,0	7,8	7,6
8	7,4	8,4	7,4	8,0	7,4
9	7,6	8,0	7,4	8,0	7,6
10	7,4	8,2	7,6	8,2	7,6
Mittelwert in 0,01 mm	8,14	8,12	7,84	7,86	7,76
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 20,78 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 23

BEGODUR, angerührt mit Härter

Kugeldruckhärteprüfung nach 1 Stunde

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	10,6	10,2	9,6	8,6	8,4
2	10,8	11,2	8,6	8,2	8,8
3	11,2	11,4	8,8	8,4	9,0
4	10,8	10,2	8,4	8,4	8,4
5	10,8	10,4	8,4	8,4	9,2
6	11,0	10,6	8,4	8,6	8,6
7	11,6	10,4	8,6	9,0	8,8
8	10,8	10,8	8,2	8,0	9,2
9	10,8	10,2	8,8	8,2	8,4
10	10,8	10,2	8,8	8,2	8,6
Mittelwert in 0,01 mm	10,94	10,56	8,56	8,40	8,74
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 17,41 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 24

BEGODUR, angerührt mit Härter

Kugeldruckhärteprüfung nach 24 Stunden

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	6,2	6,0	6,0	6,0	5,8
2	5,8	6,4	6,0	5,8	6,0
3	5,0	6,4	6,2	5,8	6,2
4	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
5	5,6	6,4	6,0	6,0	5,8
6	6,2	6,2	5,8	6,2	5,8
7	5,8	6,4	6,0	5,8	6,0
8	6,2	6,4	5,8	6,0	6,2
9	6,2	6,0	5,8	6,0	6,2
10	6,0	6,2	6,0	6,0	6,0
Mittelwert in 0,01 mm	5,92	6,26	5,98	5,98	6,02
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 27,18 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 25

DUROC, angerührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 1 Stunde

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	14,6	12,0	11,8	11,8	11,6
2	15,2	12,2	11,2	12,0	11,8
3	14,4	11,8	11,2	11,6	11,8
4	14,2	12,0	11,6	11,6	11,6
5	14,6	11,8	11,2	11,8	11,6
6	12,8	11,0	10,4	12,0	11,8
7	13,0	12,2	10,8	12,2	11,8
8	12,6	11,8	11,0	11,8	12,0
9	12,8	11,8	10,8	12,0	11,8
10	13,2	12,0	10,6	12,4	11,8
Mittelwert in 0,01 mm	13,74	11,86	11,06	11,92	11,76
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 13,67 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 26

DUROC, angerührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 24 Stunden

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	10,2	10,8	9,2	10,0	9,4
2	10,4	10,6	9,0	9,2	9,4
3	11,0	10,8	9,0	9,2	9,6
4	10,6	10,6	9,2	9,2	9,8
5	9,6	10,6	9,0	9,4	9,4
6	10,0	9,6	9,8	10,2	9,8
7	10,4	9,8	9,8	10,4	10,0
8	10,8	9,8	10,0	10,0	10,0
9	11,2	9,4	10,2	10,6	10,2
10	10,4	9,6	9,6	10,6	10,2
Mittelwert in 0,01 mm	10,46	10,16	9,48	9,88	9,78
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 16,55 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 27

DUROC, angerührt mit Härter

Kugeldruckhärteprüfung nach 1 Stunde

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	11,6	11,8	10,6	10,6	10,8
2	11,8	11,8	10,8	10,6	11,2
3	11,6	11,8	10,8	10,2	11,2
4	11,6	11,6	11,0	10,2	11,4
5	11,8	11,8	10,6	10,8	11,0
6	12,4	12,4	10,8	10,0	11,6
7	12,2	12,0	10,8	10,4	12,0
8	12,2	12,0	10,6	10,4	11,8
9	12,0	11,6	10,6	10,6	11,4
10	12,2	11,6	10,8	10,4	11,6
Mittelwert in 0,01 mm	11,94	11,84	10,74	10,42	11,40
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 14,78 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 28

DUROC, angerührt mit Härter

Kugeldruckhärteprüfung nach 24 Stunden

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	7,2	7,2	7,2	7,0	7,2
2	7,2	7,2	6,8	7,0	7,0
3	7,4	7,0	6,8	7,2	7,2
4	7,2	6,8	7,0	6,8	6,8
5	7,2	7,0	7,0	6,8	7,2
6	7,2	7,0	7,2	7,0	7,0
7	7,0	7,2	7,2	7,2	7,2
8	7,4	7,2	7,2	7,2	7,2
9	7,2	7,2	7,0	6,8	7,0
10	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
Mittelwert in 0,01 mm	7,22	7,10	7,06	7,02	7,10
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 23,12 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 29

VELMIXSTONE, angerührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 1 Stunde in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	9,2	9,0	9,8	10,2	9,8
2	10,0	9,4	10,6	10,8	10,6
3	9,0	9,2	10,2	10,6	10,4
4	8,2	10,0	10,0	10,6	10,0
5	8,8	9,4	9,8	10,2	10,0
6	9,4	9,4	10,0	10,0	9,6
7	9,8	10,2	10,6	10,2	9,8
8	10,0	10,0	10,6	10,6	9,8
9	9,0	9,6	10,4	10,4	9,6
10	9,2	9,6	10,8	10,2	9,8
Mittelwert in 0,01 mm	9,26	9,58	10,28	10,38	9,94
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 16,72 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 30

VELMIXSTONE, angerührt mit Wasser

Kugeldruckhärteprüfung nach 24 Stunden in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	7,2	6,8	7,4	7,2	7,2
2	6,8	7,0	7,6	7,4	7,6
3	7,8	7,0	7,6	8,0	7,4
4	7,0	6,8	7,8	7,4	7,6
5	7,0	6,8	7,8	8,0	7,8
6	7,2	7,4	7,6	7,8	7,8
7	6,8	7,2	7,0	8,0	7,2
8	7,4	7,6	7,4	7,4	7,4
9	7,2	7,4	7,2	7,4	7,4
10	7,6	7,2	7,4	7,6	7,6
Mittelwert in 0,01 mm	7,20	7,12	7,48	7,62	7,50
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 22,35 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 31

VELMIXSTONE, angerührt mit Härter

Kugeldruckhärteprüfung nach 1 Stunde in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	9,6	10,2	9,2	8,6	9,2
2	10,6	10,0	9,0	8,8	9,4
3	10,4	9,8	9,2	8,4	9,4
4	9,6	10,0	9,2	8,2	9,2
5	9,8	9,6	9,0	8,2	9,6
6	10,2	9,6	9,4	8,2	9,6
7	10,4	10,0	9,4	8,4	9,4
8	10,4	10,4	9,6	8,2	9,8
9	10,0	9,6	9,4	8,0	9,2
10	10,2	10,2	9,2	8,2	9,2
Mittelwert in 0,01 mm	10,12	9,94	9,26	8,32	9,40
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 17,52 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 32

VELMIXSTONE, angerührt mit Härter

Kugeldruckhärteprüfung nach 24 Stunden in 0,01 mm

Nr. des Prüfkörpers	1	2	3	4	5
Versuch Nr. 1	6,2	6,2	6,2	5,4	5,4
2	7,0	6,2	5,8	5,0	5,8
3	7,2	6,0	5,8	5,4	5,8
4	6,4	6,8	5,2	5,2	5,6
5	6,8	6,2	5,0	5,2	5,8
6	6,8	6,4	5,2	5,8	6,4
7	7,0	6,6	5,2	6,0	6,2
8	6,2	6,6	5,4	5,8	6,0
9	6,8	6,4	5,0	6,0	6,4
10	7,0	6,4	5,0	6,2	6,2
Mittelwert in 0,01 mm	6,74	6,38	5,38	5,60	5,96
Mittelwert der Härtezahlen	$H = 27,43 \text{ Kp} / \text{mm}^2$				

Tabelle 33

ALABASTER MODELLGIPS REKORD - Druckfestigkeitsbestimmung in Kg

angerührt mit		Wasser		Härter	
Bruch des Prüfkörpers nach		1	24	1	24 Stunden
Prüfkörper Nr.					
1		440	580	640	780
2		500	540	580	840
3		460	600	680	860
4		480	560	620	840
5		520	580	640	920
6		460	560	580	880
7		520	540	620	820
8		440	580	640	860
9		440	600	660	900
10		500	580	620	820
Mittelwert		476	572	628	852

Tabelle 34

NPU - Druckfestigkeitsbestimmung in Kg

angerührt mit		Wasser		Härter	
Bruch des Prüfkörpers nach		1	24	1	24 Stunden
Prüfkörper Nr.					
1		540	660	960	1340
2		520	620	900	1260
3		560	660	940	1320
4		540	620	880	1300
5		560	640	920	1320
6		580	640	880	1340
7		520	620	900	1300
8		540	620	920	1280
9		600	640	900	1320
10		560	620	960	1320
Mittelwert		552	634	916	1310

Tabelle 35

MOLDABASTER - Druckfestigkeitsbestimmung in Kg

angerührt mit		Wasser		Härter	
Bruch des Prüfkörpers nach		1	24	1	24 Stunden
Prüfkörper Nr.	1	540	640	760	900
	2	560	660	740	860
	3	520	640	720	900
	4	560	680	680	940
	5	580	660	700	860
	6	540	640	700	880
	7	520	700	720	960
	8	580	640	760	880
	9	560	680	680	920
	10	540	640	700	860
Mittelwert		550	658	716	896

Tabelle 36

MOLDANO - Druckfestigkeitsbestimmung in Kg

angerührt mit		Wasser		Härter	
Bruch des Prüfkörpers nach		1	24	1	24 Stunden
Prüfkörper Nr.	1	1620	1920	2020	2480
	2	1520	2040	1980	2380
	3	1560	2000	2100	2520
	4	1480	1980	2180	2540
	5	1580	1920	2140	2340
	6	1620	2080	2080	2380
	7	1480	1960	2220	2420
	8	1560	1880	2180	2460
	9	1640	2020	2000	2320
	10	1500	2040	2020	2340
Mittelwert		1556	1984	2092	2418

Tabelle 37

RAPIDUR - Druckfestigkeitsbestimmung in Kg

angerührt mit

Wasser

Härter

Bruch des Prüfkörpers nach 1 24 1 24 Stunden

Prüfkörper Nr.	1	1400	1960	1680	2320
	2	1520	1840	1760	2260
	3	1340	2220	1820	2480
	4	1480	1820	1640	2120
	5	1520	2220	1560	2400
	6	1480	1960	1720	2300
	7	1640	1980	1640	2540
	8	1360	1920	1860	2380
	9	1580	1880	1780	2080
	10	1620	2140	1620	2220
Mittelwert		1494	1974	1708	2310

Tabelle 38

BEGODUR - Druckfestigkeitsbestimmung in Kg

angerührt mit

Wasser

Härter

Bruch des Prüfkörpers nach 1 24 1 24 Stunden

Prüfkörper Nr.	1	2160	3360	3360	4160
	2	2240	3240	3220	3880
	3	2360	3240	3480	4040
	4	2280	3320	3280	4140
	5	2220	3100	3220	4080
	6	2320	3180	3460	4160
	7	2180	3100	3520	4060
	8	2260	3400	3380	3960
	9	2140	3280	3320	3880
	10	2380	3320	3480	4120
Mittelwert		2254	3254	3372	4048

Tabelle 39

DUROC - Druckfestigkeitsbestimmung in Kg

angerührt mit		Wasser		Härter	
Bruch des Prüfkörpers nach		1	24	1	24 Stunden
Prüfkörper Nr.	1	2060	2320	2580	3080
	2	2180	2360	2480	3240
	3	2220	2240	2520	3180
	4	2240	2260	2640	3400
	5	2160	2420	2580	3040
	6	2080	2260	2520	3360
	7	2140	2340	2460	3180
	8	2300	2360	2540	3220
	9	2280	2380	2400	3340
	10	2220	2460	2620	3200
Mittelwert		2188	2340	2534	3222

Tabelle 40

VELMIXSTONE - Druckfestigkeitsbestimmung in Kg

angerührt mit		Wasser		Härter	
Bruch des Prüfkörpers nach		1	24	1	24 Stunden
Prüfkörper Nr.	1	2180	3180	3440	4320
	2	2300	3360	3480	4240
	3	2280	3160	3160	4360
	4	2220	3260	3280	4240
	5	2160	3240	3160	4160
	6	2140	3220	3300	4280
	7	2180	3120	3440	4120
	8	2240	3320	3220	4140
	9	2260	3340	3140	4180
	10	2260	3380	3320	4100
Mittelwert		2222	3258	3294	4214

Tabelle 41

ALABASTER MODELLGIPS REKORD - angerührt mit Wasser

Abbindezeitbestimmung in Minuten

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
Beginn der Abbindezeit	6,5	7,5	6	6	6	6,4
Ende der Abbindezeit	7,5	8,5	7,5	7	7	7,5

Tabelle 42

ALABASTER MODELLGIPS REKORD - angerührt mit Härter

Abbindezeitbestimmung in Minuten

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
Beginn der Abbindezeit	5,5	6	6	5,5	6	5,8
Ende der Abbindezeit	6,5	7	7,5	7	7	7

Tabelle 43

NPU - angerührt mit Wasser

Abbindezeitbestimmung in Minuten

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
Beginn der Abbindezeit	11	9	10	10	10	10
Ende der Abbindezeit	13	10,5	12	11,5	11	11,6

Tabelle 44

NPU - angerührt mit Härter

Abbindezeitbestimmung in Minuten

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
Beginn der Abbindezeit	11	10	9	10	9	9,8
Ende der Abbindezeit	13	12	10	11	10,5	11,3

Tabelle 45

MOLDABASTER - angerührt mit Wasser

Abbindezeitbestimmung in Minuten

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
Beginn der Abbindezeit	12	13	11	11,5	11	11,7
Ende der Abbindezeit	13,5	14,5	13	13	13	13,4

Tabelle 46

MOLDABASTER - angerührt mit Härter

Abbindezeitbestimmung in Minuten

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
Beginn der Abbindezeit	13	11	12	11,5	10,5	11,6
Ende der Abbindezeit	14,5	13	13,5	13,5	12	13,3

Tabelle 47

MOLDANO - angerührt mit Wasser

Abbindezeitbestimmung in Minuten

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
Beginn der Abbindezeit	6,5	6	6,5	6	6,5	6,3
Ende der Abbindezeit	8	7,5	8	7,5	8	7,8

Tabelle 48

MOLDANO - angerührt mit Härter

Abbindezeitbestimmung in Minuten

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
Beginn der Abbindezeit	6,5	6	6	6,5	6,5	6,3
Ende der Abbindezeit	8	7,5	7,5	8	8	7,8

Tabelle 49

RAPIDUR - angerührt mit Wasser

Abbindezeitbestimmung in Minuten

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
Beginn der Abbindezeit	6,5	7	6,5	6,5	7	6,7
Ende der Abbindezeit	7	7,5	7	7	7,5	7,2

Tabelle 50

RAPIDUR - angerührt mit Härter

Abbindezeitbestimmung in Minuten

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
Beginn der Abbindezeit	3,5	4	3,5	3,5	3,5	3,6
Ende der Abbindezeit	4,5	4,5	4	4,5	4	4,3

Tabelle 51

BEGODUR - angerührt mit Wasser

Abbindezeitbestimmung in Minuten

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
Beginn der Abbindezeit	9	9,5	8,5	9,5	9	9,1
Ende der Abbindezeit	10	10	9,5	10	10	9,9

Tabelle 52

BEGODUR - angerührt mit Härter

Abbindezeitbestimmung in Minuten

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
Beginn der Abbindezeit	8,5	9,5	9	9,5	8,5	9
Ende der Abbindezeit	10	10,5	10	10,5	9,5	10,1

Tabelle 53

DUROC - angerührt mit Wasser

Abbindezeitbestimmung in Minuten

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
Beginn der Abbindezeit	10	11,5	12	11	10	10,9
Ende der Abbindezeit	11	12,5	13	12	11	11,9

Tabelle 54

DUROC - angerührt mit Härter

Abbindezeitbestimmung in Minuten

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
Beginn der Abbindezeit	12	11	12	11,5	12	11,7
Ende der Abbindezeit	13	12	13	12,5	13	12,7

Tabelle 55

VELMIXSTONE - angerührt mit Wasser

Abbindezeitbestimmung in Minuten

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
Beginn der Abbindezeit	9,5	9,5	11	10	10,5	10,1
Ende der Abbindezeit	10,5	11	11,5	10,5	11	10,9

Tabelle 56

VELMIXSTONE - angerührt mit Härter

Abbindezeitbestimmung in Minuten

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert
Beginn der Abbindezeit	10,5	11	10	10,5	11	10,6
Ende der Abbindezeit	11	11,5	10,5	11	11,5	11,1

Tabelle Nr. 57Abbindeexpansion der Gipse 2 (NPU), 4 (Moldano), 6 (Begodur)

gemessen in 1 / 100 mm

Gips Nr. 2

<u>Versuch Nr.</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
angerührt mit Wasser	101	109	102	99	96
angerührt mit Härter	184	198	179	190	172

Gips Nr. 4

<u>Versuch Nr.</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
angerührt mit Wasser	81	78	84	78	74
angerührt mit Härter	100	101	112	91	98

Gips Nr. 6

<u>Versuch Nr.</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
angerührt mit Wasser	54	51	52	56	56
angerührt mit Härter	59	54	58	64	60

Tabelle 58

Varianzanalysetabelle (Kugeldruckhärte) Gips 1

Faktoren und Wechselwirkungen	SAQ	FG	MAQ	F-Wert	Beurteilung * auffällig $p = 0,05$ ** signif. $p = 0,01$
-------------------------------	-----	----	-----	--------	--

Zeit	583200	1	583200	94	* *
------	--------	---	--------	----	-----

Härter	1028178	1	1028178	165	* *
--------	---------	---	---------	-----	-----

Zeit / Härter	72	1	72	-	
---------------	----	---	----	---	--

Prüfkörper	99760	16	6235	3,73	* *
------------	-------	----	------	------	-----

Messungen	300985	180	1672,14	-	
-----------	--------	-----	---------	---	--

Tabelle 59

Varianzanalysetabelle (Kugeldruckhärte) Gips 2

Faktoren und Wechselwirkungen	SAQ	FG	MAQ	F-Wert	Beurteilung * auffällig $p = 0,05$ ** signif. $p = 0,01$
-------------------------------	-----	----	-----	--------	--

Zeit	873842	1	873842	347	* *
------	--------	---	--------	-----	-----

Härter	1198152	1	1198152	476	* *
--------	---------	---	---------	-----	-----

Zeit / Härter	178802	1	178802	71	* *
---------------	--------	---	--------	----	-----

Prüfkörper	40312	16	2519,5	6,61	* *
------------	-------	----	--------	------	-----

Messungen	68660	180	381,4	-	
-----------	-------	-----	-------	---	--

Tabelle 60Varianzanalysentabelle (Kugeldruckhärte) Gips 3

Faktoren und Wechselwirkungen	SAQ	FG	MAQ	F-Wert	Beurteilung
					* auffällig $p = 0,05$ * * Signif. $p = 0,01$

Zeit	1981244,18	1	1981244,18	603	* *
------	------------	---	------------	-----	-----

Härter	2924812,98	1	2924812,98	890	* *
--------	------------	---	------------	-----	-----

Zeit / Härter	328536,18	1	328536,18	100	* *
---------------	-----------	---	-----------	-----	-----

Prüfkörper	52607,68	16	3287,98	2,8	* *
------------	----------	----	---------	-----	-----

Messungen	211064,4	180	1172,58	-	
-----------	----------	-----	---------	---	--

Tabelle 61Varianzanalysentabelle (Kugeldruckhärte) Gips 4

Faktoren und Wechselwirkungen	SAQ	FG	MAQ	F-Wert	Beurteilung
					* auffällig $p = 0,05$ * * signif. $p = 0,01$

Zeit	124500,5	1	124500,5	252	* *
------	----------	---	----------	-----	-----

Härter	321922,88	1	321922,88	652	* *
--------	-----------	---	-----------	-----	-----

Zeit / Härter	1085,78	1	1085,78	2,2	
---------------	---------	---	---------	-----	--

Prüfkörper	7903,24	16	493,95	14,62	* *
------------	---------	----	--------	-------	-----

Messungen	6067,6	180	33,71	-	
-----------	--------	-----	-------	---	--

Tabelle 62Varianzanalysetabelle (Kugeldruckhärte) Gips5

Faktoren und Wechselwirkungen					Beurteilung	
SAQ	FG	MAQ	F-Wert		* auffällig p= 0,05	* * signif. p= 0,01
Zeit	35139,01	1	35139,01	262	*	*
Härter	47278,13	1	47278,13	353	*	*
Zeit / Härter	126,41	1	126,41	-		
Prüfkörper	2142,92	16	133,93	3,41	*	*
Messungen	7067,9	180	39,27	-		

Tabelle 63Varianzanalysetabelle (Kugeldruckhärte) Gips 6

Faktoren und Wechselwirkungen					Beurteilung	
SAQ	FG	MAQ	F-Wert		* auffällig p= 0,05	* * signif P= 0,01
Zeit	33178,88	1	33178,88	55	*	*
Härter	5660,48	1	5660,48	9,37	*	*
Zeit / Härter	3595,52	1	3595,52	5,95		
Prüfkörper	9664,9	16	604,1	45	*	*
Messungen	2400,2	180	13,33	-		

Tabelle 64Varianzanalysentabelle (Kugeldruckhärte) Gips 7

Faktoren und Wechselwirkung	SAQ	FG	MAQ	F-Wert	Beurteilung	
					* auffällig $p = 0,05$	** signif. $p = 0,01$
Zeit	49486,58	1	49486,58	128	*	*
Härter	16744,5	1	16744,5	43	*	*
Zeit / Härter	5222,42	1	5222,42	13	*	*
Prüfkörper	6205,28	16	387,83	25,32	*	*
Messungen	2756,88	180	15,32	-	-	-

Tabelle 65Varianzanalysentabelle (Kugeldruckhärte) Gips 8

Faktoren und Wechselwirkungen	SAQ	FG	MAQ	F-Wert	Beurteilung	
					* auffällig $p = 0,05$	** signif. $p = 0,01$
Zeit	43512,5	1	43512,5	162	*	*
Härter	4287,36	1	4287,36	16	*	*
Zeit / Härter	994,58	1	994,58	4,7		
Prüfkörper	4312,16	16	261,91	25	*	*
Messungen	1502,4	180	8,74	-	-	-

Tabelle 66Varianzanalysetabelle (Druckfestigkeit) Gips 1

Faktoren und Wechselwirkungen	SAQ	FG	MAQ	F-Wert	Beurteilung
					* auffällig p= 0,05 * * signif. p= 0,01
Zeit	256000	1	256000	243	* *
Härter	466560	1	466560	442	* *
Zeit / Härter	40960	1	40960	38	* *
Rest	37920	36	1053,3	-	

Tabelle 67Varianzanalysetabelle (Druckfestigkeit) Gips2

Faktoren und Wechselwirkungen	SAQ	FG	MAQ	F-Wert	Beurteilung
					* auffällig p= 0,05 * * signif. p= 0,01
Zeit	566440	1	566440	983,69	* *
Härter	2704000	1	2704000	4457,14	* *
Zeit / Härter	243360	1243360	2433600	401,14	* *
Rest	2194	36	606,6	-	

Tabelle 68Variantenanalysentabelle (Druckfestigkeit) Gips 3

Faktoren und Wechselwirkungen					Beurteilung
SAQ	FG	MAQ	F-Wert	* auffällig $p = 0,05$ * * signif. $p = 0,01$	
Zeit	207360	1	207360	272,05	* *
Härter	408040	1	408040	535,33	* *
Zeit / Härter	12960	1	12960	17	* *
Rest	27440	36	762,2	-	

Tabelle 69Varianzanalysentabelle (Druckfestigkeit) Gips 4

Faktoren und Wechselwirkungen					Beurteilung
SAQ	FG	MAQ	F-Wert	* auffällig $p = 0,05$ * * signif. $p = 0,01$	
Zeit	1421290	1	1421290	269,58	* *
Härter	22522501	1	2252250	446,16	* *
Zeit / Härter	26010	1	26010	4,98	
Rest	189800	36	5272,2	-	

Tabelle 70Varianzanalysentabelle (Druckfestigkeit) Gips 5

Faktoren und Wechselwirkungen	SAQ	FG	MAQ	F-Wert	Beurteilung	
					* auffällig $p = 0,05$	* * signif. $p = 0,01$
Zeit	2926810	1	2926810	203,08	*	*
Härter	756250	1	756250	52,47	*	*
Zeit / Härter	37210	1	37210	2,58		
Rest	518840	36	14412,2	-		

Tabelle 71Varianzanalysentabelle (Druckfestigkeit) Gips 6

Faktoren und Wechselwirkungen	SAQ	FG	MAQ	F-Wert	Beurteilung	
					* auffällig $p = 0,05$	* * signif. $p = 0,01$
Zeit	7022440	1	7022440	681,79	*	*
Härter	9139360	1	9139360	887,32	*	*
Zeit / Härter	262440	1	262440	25,48	*	*
Rest	370800	36	10300	-		

Tabelle 72Varianzanalysentabelle (Druckfestigkeit) Gips 7

Faktoren und Wechselwirkung	SAQ	FG	MAQ	F-Wert	Beurteilung	
					* auffällig p= 0,05	* * signif p= 0,01
Zeit	1764000	1	1764000	234,37	*	*
Härter	3769960	1	3769960	500,89	*	*
Zeit / Härter	718240	1	718240	95,43	*	*
Rest	270960	36	7526,6	1		

Tabelle 73Varianzanalysentabelle (Druckfestigkeit) Gips 8

Faktoren und Wechselwirkungen	SAQ	FG	MAQ	F-Wert	Beurteilung	
					* auffällig p= 0,05	* * Signif. P= 0,01
Zeit	9564840	1	9564840	1103,62	*	*
Härter	10281960	1	10281960	32,53	*	*
Zeit / Härter	33640	1	33640	3,88		
Rest	312000	36	8666,6	-		

Tabelle 73a

t-Test (Abbindezeit)

Faktoren und Wechselwirkungen		SAQ	FG	MAQ	t	Beurteilungen	
						* auffällig p= 0,05	
						* * signif. p=0,01	
Gips 1	B	62,5	1	62,5	1,58		
	Rest	200	8	25	-		
Gips 2	B	22,5	1	22,5	0,44		
	Rest	950	8	118,75	-		
Gips 3	B	2,5	1	2,5	0,63		
	Rest	500	8	62,5	-		
Gips4	B	0	1	0	0		
	Rest	60	8	7,5	-		
Gips 5	B	2102,5	1	2102,5	16,7	* *	
	Rest	60	8	7,5	-		
Gips 6	B	10	1	10	2,97		
	Rest	90	8	11,25	-		
Gips 7	B	160	1	160	1,8		
	Rest	400	8	50	-		
Gips 8	B	10	1	10	0,76		
	Rest	140	8	17,5	-		

Tabelle 73bt-Test (Abbindeexpansion)

Faktoren und Wechselwirkungen		SAQ	FG	MAQ	t	Beurteilungen	
						* auffällig	p = 0,05
						** Signif.	p = 0,01
Gips 2	B	17305,6	1	17305,6	16,76	*	*
	Rest	492,4	8	61,55	-		
Gips 4	B	1144,9	1	1144,9	5,66	*	*
	Rest	285,2	8	35,65	-		
Gips 6	B	67,6	1	67,6	2,65	*	
	Rest	72,8	8	9,1	-		

Tabelle Nr. 74

Mittelwerte der Kugeldruckhärte der 8 Gipse in 0,01 mm Eindringtiefe

Gips Nr.	1	2	3	4
Angerührt mit Wasser nach 1Std.	111,28	70,40	92,72	23,67
24Std.	100,36	63,16	80,92	18,214
angerührt mit Härter nach 1 Std.	96,82	60,90	76,64	15,18
24 Std.	86,14	41,70	48,628	10,656

Gips Nr.	5	6	7	8
angerührt mit Wasser nach 1 Std.	15,254	9,772	12,076	9,888
24 Std.	12,444	7,944	9,952	7,384
angerührt mit Härter nach 1 Std.	12,02	9,456	11,268	9,408
24 Std.	9,528	6,032	7,1	6,012

Tabelle Nr. 75Mittelwerte der Druckfestigkeit der 8 Gipse in Kg.

Gips Nr.	1	2	3	4
angerührt mit Wasser nach 1 Std.	476	552	550	1556
24 Std.	572	634	658	1984
angerührt mit Härter nach 1 Std.	628	916	716	2092
24 Std.	852	1310	896	2418

Gips Nr.	5	6	7	8
angerührt mit Wasser nach 1 Std.	1494	2254	2188	2222
24 Std.	1974	3254	2340	3258
angerührt mit Härter nach 1 Std.	1708	3372	2534	3294
24 Std.	2310	4048	3222	4214

Tabelle Nr. 76

Mittelwerte der Abbindezeiten in Minuten

Gips Nr.	1	2	3	4
angerührt mit Wasser	6,95	10,80	12,55	7,05
angerührt mit Härter	6,40	10,55	12,45	7,05

Gips Nr.	5	6	7	8
angerührt mit Wasser	6,95	9,50	11,40	10,50
angerührt mit Härter	3,95	9,55	12,20	10,85

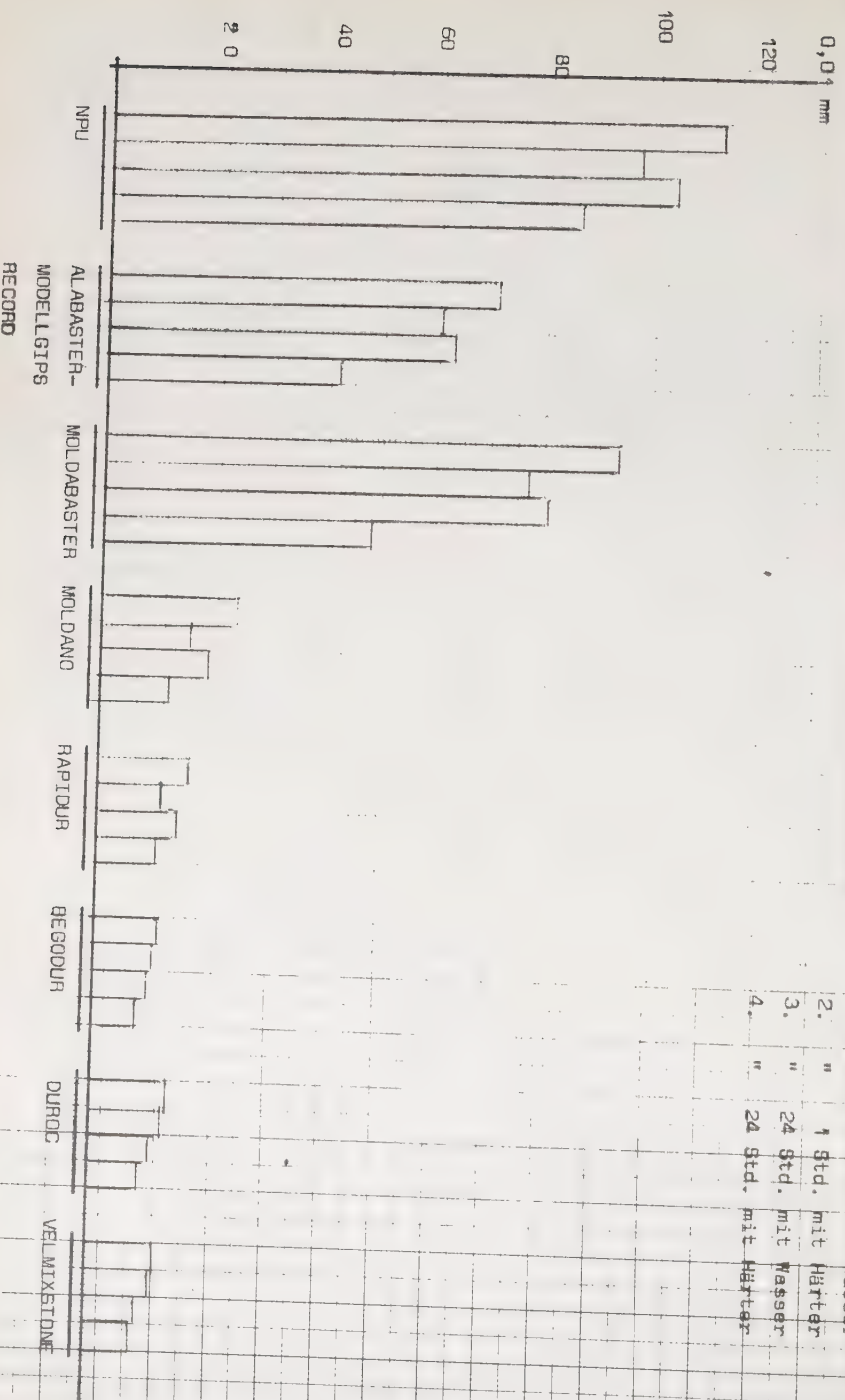
Tabelle Nr. 77Mittelwerte der Abbindeexpansion der Gipse 2 (NPU), 4 (MOLDAÑO),
und 6 (BEGODUR)

Gips Nr.	2	4	6
angerührt mit Wasser	101,4	79,0	53,8
angerührt mit Härter	184,6	100,4	59,0

Tabelle Nr. 78

Vergleich der Mittelwerte der Eindringtiefen bei der Kugeldruckhärteprüfung.

09



Vergleich der Mittelwerte der Kugeldruckhärten in Kg / mm²

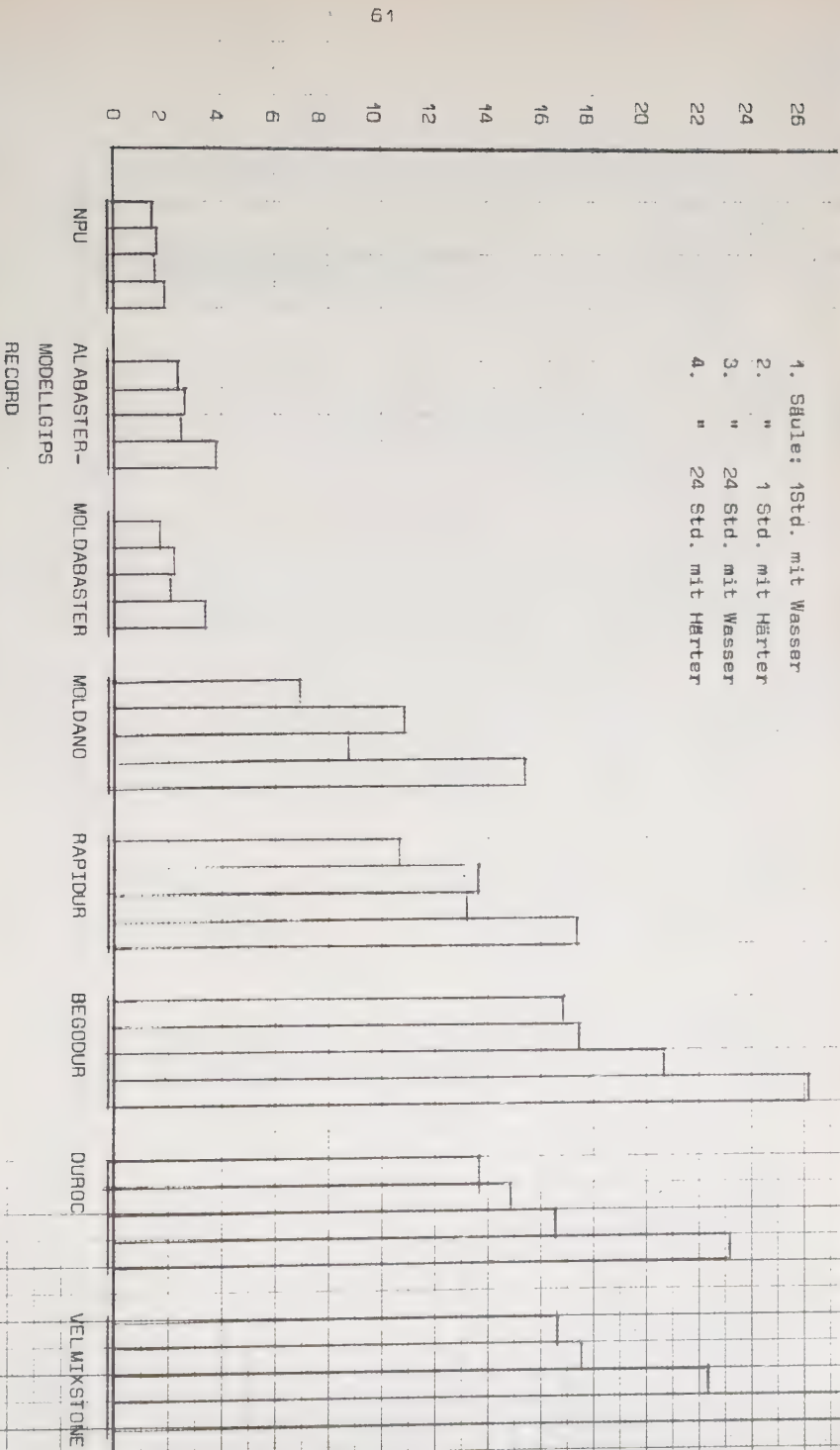
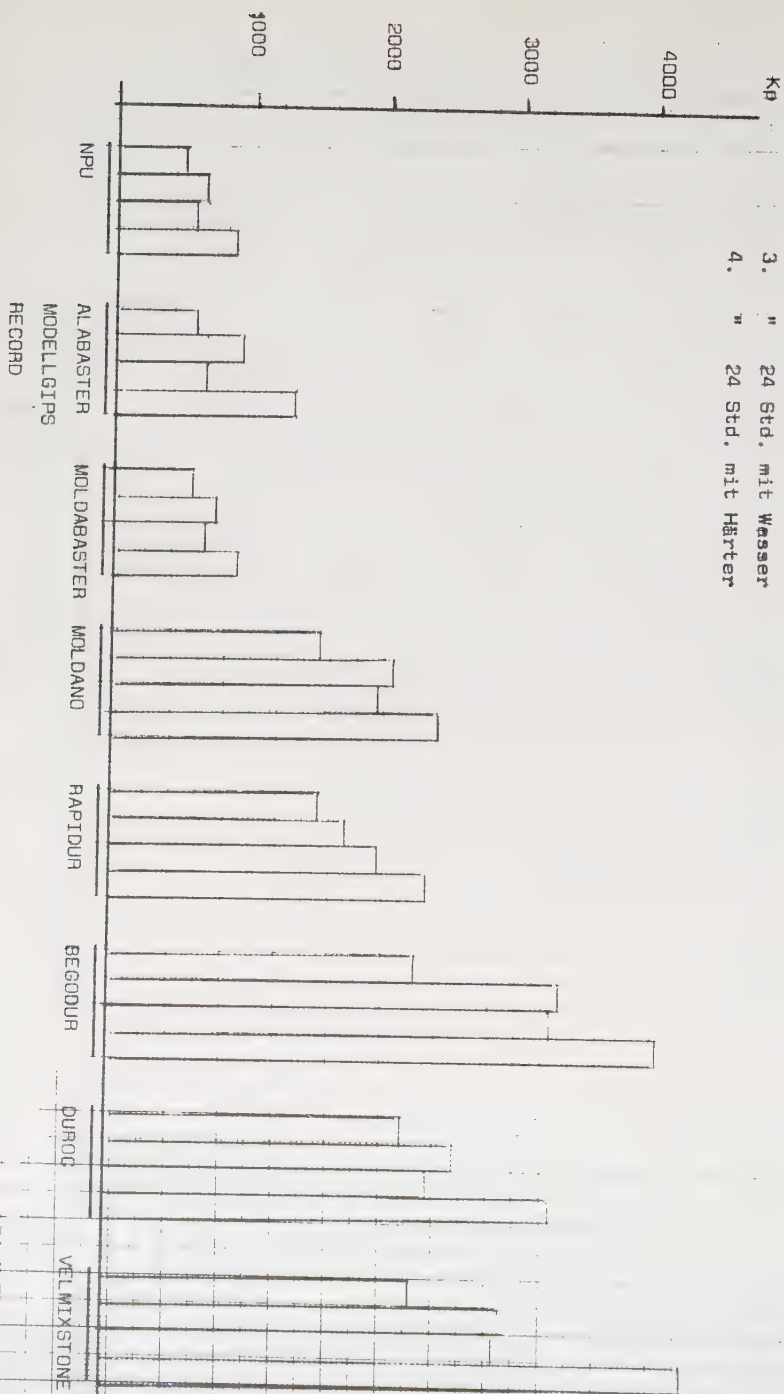


Tabelle Nr. 79

Vergleich der Mittelwerte der Druckfestigkeitssprüfung

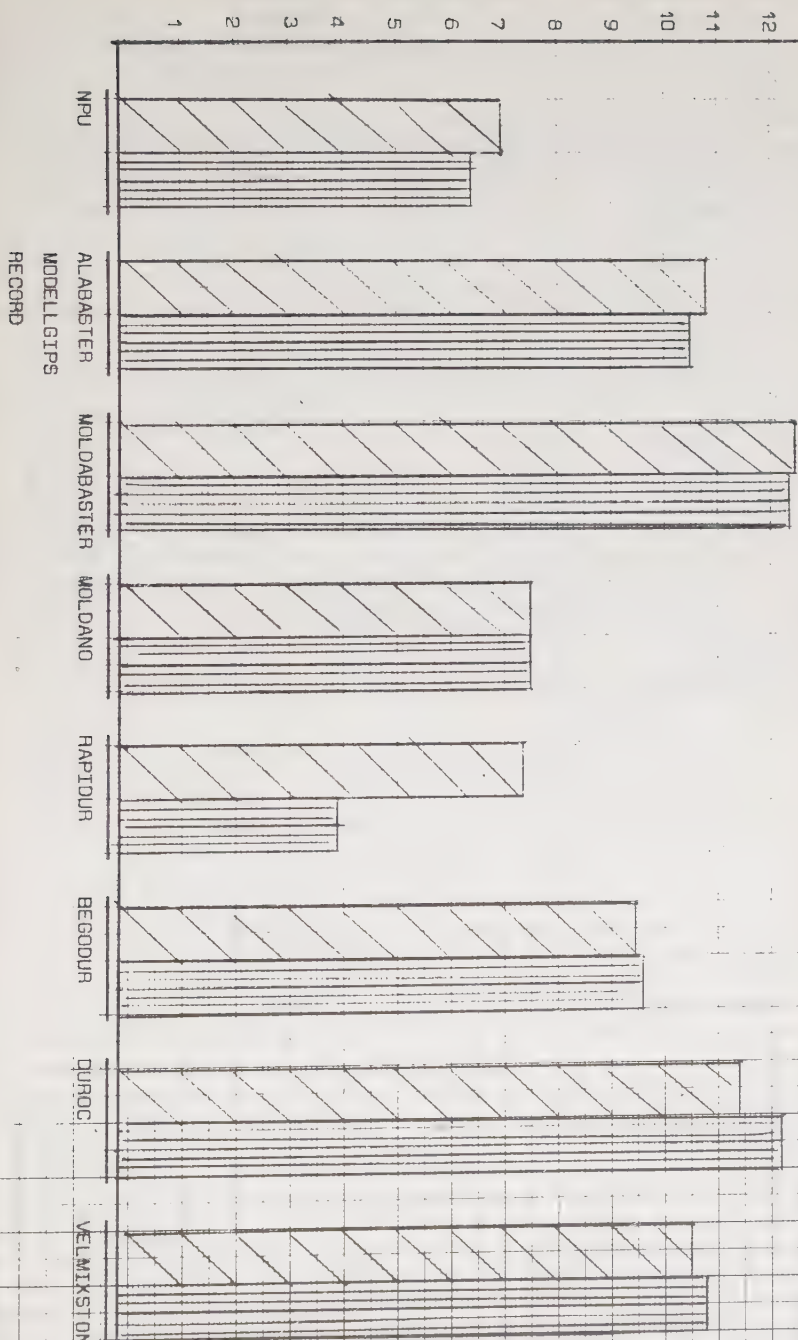
1. Säule: 1 Std. mit Wasser
 2. " 1 Std. mit Härter
 3. " 24 Std. mit Wasser
 4. " 24 Std. mit Härter



Vergleich der Mittelwerte der Abbindezeit.

Min. 13

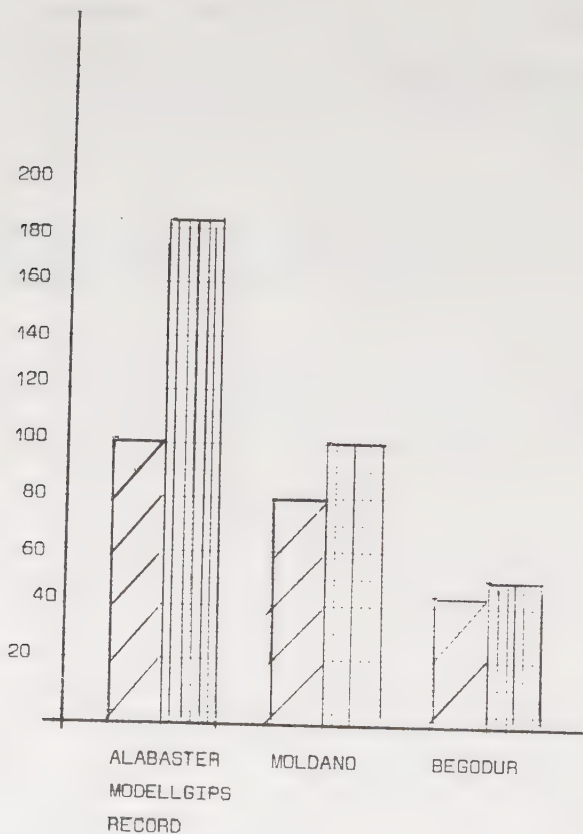
Linke Säule: Gips angerührt mit Wasser
 Rechte " " " " " Härter



Vergleich der Mittelwerte der Abbindeexpansion

Linke Säule: Gips angerührt mit Wasser

Rechte " " " " Härter

 $\mu/100 \text{ mm}$ 

Statistische Auswertung der Versuchsergebnisse

Es war Ziel der Statistischen Auswertung, die aus den Messungen errechneten Mittelwerte im Zusammenhang mit den gefundenen Streuungen zu untersuchen und auf dem Weg der Prüfung statistischer Hypothesen zu Sachaussagen zu kommen. Das Vorgehen war dabei so, daß die Meßergebnisse der Kugeldruckhärte und der Druckfestigkeit einer Varianzanalyse, die der Abbindezeit und Abbindeexpansion dem t-Test unterzogen wurden.

Bezüglich der benutzten statistischen Verfahren sei auf die Fachliteratur (13, 20) verwiesen. Hier sollen nur einige Anmerkungen gemacht werden, die das Verständnis der Ergebnistabellen erleichtern.

Die Varianzanalyse eliminiert aus der Gesamtstreuung der Meßergebnisse die Streuungen einzelner Einflußgrößen (Faktoren), sowie deren gegenseitige Beeinflussung (Wechselwirkung) und beurteilt diese unabhängig voneinander.

In der ersten Spalte der Varianzanalysetabelle werden diese Faktoren und Wechselwirkungen aufgeführt. Die zweite Spalte, SAQ (Summe der Abweichungsquadrate), enthält die entsprechenden Anteile der Gesamtstreuung. Die Division der SAQ durch sog. Freiheitsgrade (FG) führt zu den mittleren Abweichungsquadraten (MAQ), die das eigentliche Streuungsmaß darstellen. Im F-Test wird geprüft, ob dieser Streuungsanteil wesentlich größer ist, als nach der Versuchsstreuung zu erwarten. Die Beurteilung der berechneten F-Werte erfolgt nach Festsetzung einer geeigneten Irrtumswahrscheinlichkeit p durch Vergleich mit den tabulierten Werten der F-Verteilung. Ist der berechnete Wert größer als der Tabellen-F-Wert für $p = 0,01$, so spricht man von einem signifikanten Ergebnis. Die Annahme, daß zwischen den einzelnen Stufen eines Faktors oder einer Wechselwirkung keine wesentlichen Unterschiede bestehen (sog. Nullhypothese) kann nicht aufrecht erhalten werden. Wird jedoch der kleinere Tabellenwert für $p = 0,05$ überschritten, so spricht man von einem statistisch auffälligem Ergebnis.

Hat der F-Wert ergeben, daß zwischen bestimmten Mittelwerten (den Stufen eines Faktors oder einer Wechselwirkung) signifikante Unterschiede bestehen, so gilt diese Aussage zusammenfassend für alle diese Mittelwerte. Es kann nicht ohne weiteres gefolgert werden, daß zwei bestimmte Mittelwerte sich unterscheiden. Sollen bestimmte Mittelwertdifferenzen beurteilt werden, so kann das mit Hilfe von Konfidenzintervallen geschehen.

Aus den Varianzanalysentabellen der Kugeldruckhärte und Druckfestigkeit der 8 Gipse ist zu ersehen, daß die Wirkung des Härters auf die Festigkeit der Gipse signifikant ist. Ebenso signifikant ist der Einfluß der Zeit auf die Härte. Auch zwischen den aus gleichem Material hergestellten Prüfkörpern bestehen gesicherte Unterschiede. Eine Wechselbeziehung Zeit - Härter ist nur teilweise gesichert. Die t-Testtabellen zeigen keinen signifikanten Einfluß des Härters auf die Abbindezeit der Gipse mit Ausnahme beim RAPIDUR, bei der Abbindeexpansion ist beim NPU und MOLDANO ein signifikanter, beim BEGODUR jedoch nur ein auffälliger Einfluß festzustellen.

Zusammenfassung

Geprüft wurde der Einfluß eines Gipshärter, der von der Firma Frankonia Dental vertrieben wird, auf 8 verschiedene Dentalgipse. Verglichen wurden die Kugeldruckhärte, die Druckfestigkeit, die Abbindezeit und die Abbindeexpansion bei den Gipsen, die einmal mit Wasser und einmal mit dem Härter jeweils unter gleichen, reproduzierbaren Bedingungen angerührt wurden. Bei der Kugeldruckhärte und der Druckfestigkeit wurden die 1 Std.- und 24 Std.-Werte verglichen.

1. Kugeldruckhärte. Hierbei zeigte sich bei allen drei Alabastergipsen und bei den Hartgipsen, MOLDANO und RAPIDUR, daß schon die 1 Std.-Werte der mit Härter angerührten Gipse den 24 Std.-Werten der mit Wasser angerührten Gipse deutlich überlegen waren. Bei den Spezialhartgipsen, BEGODUR, DUROC und VELMIXSTONE, wurde bei den vergleichbaren 1 Std.-Werten eine Zunahme der Härte festgestellt, die jedoch geringer war, als die bei den mit Wasser angerührten 24 Std.-Proben. Die 24 Std.-Werte der zu vergleichenden Proben dieser Spezialhartgipse zeigten wiederum eine ganz starke Zunahme der Festigkeit bei den mit Härter angerührten Prüfkörpern.

2. Bei der Druckfestigkeit zeigt sich, daß bei allen 8 Gipsen, außer beim RAPIDUR, die 1 Std.-Werte der mit Härter angerührten Gipse schon ganz deutlich über den 24 Std.-Werten der mit Wasser angerührten Gipse liegen. Beim RAPIDUR liegt der 1Std.-Wert des gehärteten Gipses etwa in der Mitte zwischen den 1 Std.- und 24 Std.-Werten des ungehärteten Gipses.

3. Bei der Prüfung, ob der Gipshärter einen Einfluß auf die Abbindezeit der Gipse hat, macht sich eine ganz deutliche Verkürzung der Abbindezeit beim RAPIDUR bemerkbar. Bei allen anderen 7 Gipsen konnte kein Einfluß des Härter nachgewiesen werden.

4. Zur Untersuchung, ob der Härter eine Veränderung der Abbindeexpansion bewirkt, wurde je ein Alabastergips (NPU), ein Hartgips (MOLDANO) und ein Spezialhartgips (BEGODUR) genommen. Dabei ergab sich bei allen drei Gipsen eine deutliche Zunahme

der Abbindeexpansion, am stärksten beim NPU, am geringsten beim BEGODUR.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß sowohl bei der Kugeldruckhärte wie auch bei der Druckfestigkeit eine ganz deutliche Festigkeitssteigerung der Gipse bei Verwendung von Gipshärter erzielt werden kann. Ein Einfluß auf die Abbindezeit konnte, mit Ausnahme beim RAPIDUR, nicht festgestellt werden. Die Zunahme der Abbindeexpansion ist besonders bei den Alabastergipsen beträchtlich.

Es erhebt sich jedoch, trotz der starken Härtezunahme der Gipse, auch im Zusammenhang mit dem sehr hohen Preis des Härters, die Frage, ob eine Härtesteigerung bei den Spezialhartgipsen, die ja auch ohne Härter sehr große Härtezahlen aufweisen, rentabel ist, zumal das Härten eine starke Expansionssteigerung mit sich bringt.

Literaturverzeichnis

1. American Dental Association
Specification No. 2 for casting investment for
dental gold alloy.
Second edition, Chicago 1964
2. Andreas, M.
Die Beeinflussung der Umwandlung des Gipses von
Dihydrat in das Halbhydrat durch Salzzusätze mit
verschiedenen Kationenwertigkeiten.
Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 1037, (1962)
3. Becherer, G. u. Fiedler, H.
Silicatechnik
6, 292 / 95, (1955)
4. Begleitschreiben zum Kugeldruckhärteprüfer "Z 426" der Fa.
Zwick & Co.
5. Bedienungsanleitung zum Nadelgerät nach Vicat der Fa. Curt
Weißgerber.
6. Begleitschreiben zum Quellungsmeßgerät für Gips der Fa.
Curt Weißgerber.
7. Bennstein, M.
Untersuchungen am Gips
Zahnärztl. Rundschau, 46, 490, (1919)
8. Deutsche Normen
DIN 1168, Blatt 1 u. 2
DIN 53456
DIN 1164, § 10

9. Dimitrow, P. G.

Kak dasi prigotwiz tward gipstyp Moldano
Stomatologia (Sofia), 1, 51, (1959)

10. Gerlach, H. P.

Die Beeinflussung des thermischen Volumenverhaltens
von Gips - Quarzgemischen in zahnärztlichen Gußver-
fahren.

Dtsch. zahnärztl. Wochenschrift 36, 467, (1933)

11. Ilg, V. K.

Die Abformung des Kronenstumpfes und das Arbeits-
modell

Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 1288, (1962).

12. Lenz, E.

Prüfung der Modellherstellung für festsitzenden
Zahnersatz

Dtsch. Stomat. 19, 90, (1969)

13. Linder, A.

Planen und Auswerten von Versuchen
Stuttgart - Basel (1969)

14. Rehberg, H. J. u. Becherer, G.

Die Bedingtheit der Härte des Gipses und ihre
physikalische Deutung.

Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 488, (1954)

15. Salmang, H.

ZS für Anorgan. Allgem. Chemie 162, (1927)

16. Schalon, W. u. Emerich, H.

Untersuchungen über Modellgipse mit besonderer
Berücksichtigung des Moldanos.

Zahnärztl. Rundschau 31, 1353, (1933)

17. Schubert, L.
 Über Modellgipse
 Dtsch. zahnärztl. Wschr. 34, 1356, (1931)

18. Schwindling, R. u. Genieser, H.
 Volumenverhalten, Härte und Bruchfestigkeit
 neuer Zahnärztlicher Hartgipse.
 Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 37, 317,
 (1962)

19. Ullmann
 Gips
 Handbuch der Chemie 8, 97, (1962)

20. Weber, E.
 Grundriß der biologischen Statistik. Anwendung
 der mathematischen Statistik in Naturwissenschaft
 und Technik.
 Kapitel 45 u.46, 6. Auflage, Stuttgart (1967)

21. Weikart, P.
 Beitrag zur Kenntnis der physikalisch- chemischen
 Eigenschaften des Gipses.
 Dtsch. zahnärztl. Wschr. 41, 693, (1938)

22. Weißenberger, G. u. Soini, B.
 Koll. ZS. 34, 40, (1924)

- 23 Würzner, K
 ZS. für chem. Ingenieurtechnik
 348, (1950)

Lebenslauf

Am 14.4.1941 wurde ich, Friedrich Walter Wolf, als Sohn des Veterinärdirektors Dr. med. vet Josef Wolf und dessen Ehefrau Elisabeth, geb. Lütke, in Landsberg/Warthe geboren.

Zur Volksschule ging ich in Essen; nach der Versetzung meines Vaters nach Kaiserslautern besuchte ich das Neusprachliche Gymnasium am Rittersberg, wo ich im März 1963 die Reifeprüfung bestand.

Das Studium der Zahnheilkunde begann ich an der Johannes Gutenberg Universität Mainz, das ich am 28.6.1971 dort mit dem Staatsexamen beendete.

Seit dieser Zeit war ich als Assistent in einer kassenzahnärztlichen Praxis und als Stabsarzt bei der Bundeswehr tätig.

Meinen aufrichtigen Dank bringe ich Herrn Prof.
Dr. H. Marx entgegen für die Überlassung des Themas
und die gute Betreuung. Auch danke ich Herrn Prof.
Dr. K. Fuhr für die Übernahme des Korreferates.
Dank gebührt auch Herrn Dr. Scheid für seine große
Hilfe bei der Statistischen Auswertung.

Universitätsdruckerei
65 Mainz G. m. b. H.



